

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№9 2023 (СЕНТЯБРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин
Верстка
М.А. Комарова

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016
В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции.

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142-8681
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

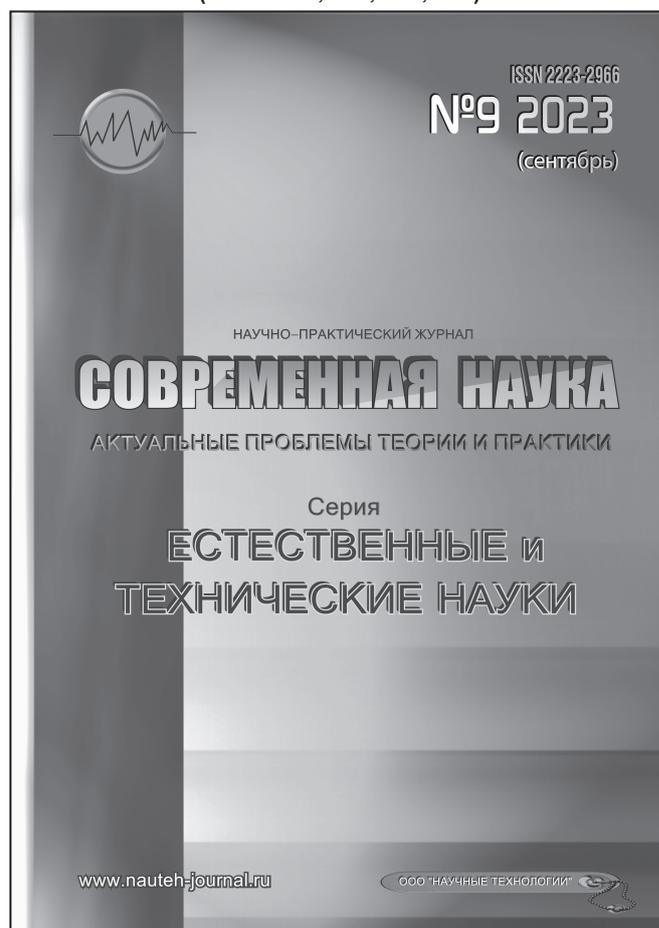
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ,
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.09.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

Атаев Алевдин Рашитханович — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Безруких Марьям Моисеевна — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

Бекетов Сергей Валериевич — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

Белых Владимир Иванович — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Грачев Николай Николаевич — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

Гусева Анна Ивановна — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Зубкова Валентина Михайловна — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Квасов Андрей Иванович — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикабаева

Корнеев Андрей Матиславович — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

Корягина Наталья Александровна — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кравец Бронислава Борисовна — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кулик Сергей Дмитриевич — д.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

Миндлин Юрий Борисович — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Надежкин Сергей Михайлович — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Овезов Алексей Мурадович — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

Олейникова Светлана Александровна — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

Рахимов Ильгизар Ильясович — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ромашкова Оксана Николаевна — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

Симаков Юрий Георгиевич — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

Симоненков Алексей Павлович — д.м.н., профессор, независимый эксперт

Трапезов Олег Васильевич — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Федорова Оксана Ивановна — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Харитонов Михаил Анатольевич — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет redaktor3@nauteh.ru

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Важов С.В., Важов В.М., Черемисин А.А., Черданцева Е.В., Гребенко Д.Д., Сабитов А.Р., Усольцева А.А., Киселёва Е.В. — Материалы к изучению хищных птиц заказника «Рубцовская степь»

Vazhov S., Vazhov V., Cheremisin A., Cherdantseva E., Grebenko D., Sabitov A., Usoltseva A., Kiseleva E. — Materials for the study of birds of prey reserve «Rubtsovskaya step».....7

Дзюбук И.М., Клюкина Е.А. — Биологическая характеристика плотвы (*Rutilus rutilus* L.) Великой губы Онежского озера с использованием методов математической статистики

Dzyubuk I., Klyukina E. — Biological characteristics of roach (*Rutilus rutilus* L.) from the Great Bay of Lake Onega using methods of mathematical statistics ...12

Кульшань Т.А., Бугаева И.О. — Анализ распространенности факторов адгезии у штаммов *Corynebacterium non diphtheriae*

Kulshan T., Bugaeva I. — Analysis of the prevalence of adhesion factors in *Corynebacterium non diphtheriae* strains17

Мурадов П.З., Мамедова М.Ю., Исмаилова Г.Э., Махмудова С.И. — Антифунгальная активность фитокомпонентов, полученных из некоторых эфиромасличных растений флоры Азербайджана

Muradov P., Mamedova M., Ismayilova G., Mahmudova S. — Antifungal activity of phytocomponents obtained from some essential oil plants in Azerbaijan flora21

Черткоева М.Г., Гасарова А.Р., Мунаева М.Р., Керимов К.О., Алиева А.Р., Усманова М.Л.–А. — Актуальность взаимодействия бактериальной инфекции и рака

Chertkoeva M., Gasarova A., Munaeva M., Kerimov K., Aliyeva A., Usmanova M. — Relevance of the interaction of bacterial infection and cancer.....26

Чудинова О.Н., Гулгенов С.Ж. — Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в почве и растениях на территории полигона твердых коммунальных отходов г. Улан-Удэ

Chudinova O., Gulgenov S. — Environmental assessment of heavy metal content in soil and plants on the territory of the landfill of solid municipal wastes in Ulan-Ude30

Шепелева О.П., Орловская Е.И., Часовская В.В., Воропаева Е.В. — Экологические вопросы современного топиарного искусства

Shepeleva O., Orlovskaya E., Chasovskaya V., Voropaeva E. — Environmental issues of contemporary topiary art35

Шепелева О.П., Часовская В.В., Воропаева Е.В., Яковлев А.А., Орловская Е.И. — Экологическое влияние на состояние урбанофлоры и урбаноземов в парковой зоне Санкт-Петербурга

Shepeleva O., Chasovskaya V., Voropaeva E., Yakovlev A., Orlovskaya E. — Ecological impact on the state of urban flora and urbanozems in the park zone of St. Petersburg38

Янгирова Л.Я., Петухова Г.А. — Влияние нефтезагрязнения почвы на морфологию овса *Avena Sativa*

Yangirova L., Petukhova G. — The effect of oil contamination of the soil on the morphology of oats *Avena Sativa*41

Информатика, вычислительная техника и управление

Бирюлин В.И., Куделина Д.В. — Моделирование поиска источников напряжения нулевой последовательности в системах электроснабжения

Biryulin V., Kudelina D. — Simulation of the zero sequence voltage sources search in power supply systems46

Валишин Н.Т., Каров Я.С., Садриев С.И. — Численное моделирование траекторно-волнового движения электрона в водородоподобном атоме

<i>Valishin N., Karov Ya., Sadriev S.</i> — Simulatio numeralis motus trajectorye — undae electronici in atomo hydrogenii simili.55	Куровский С.В., Мишин Д.А., Дорошенко И.А., Петрушин А.В. — Алгоритм выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами <i>Kurovsky S., Mishin D., Doroshenko I., Petrushin A.</i> — Algorithm for selecting sources of financing for organizational processes in project management. 101
Волков А.А., Отбеткина Т.А., Видманова А.Н. — Инновационный метод повышения эффективности образовательного процесса с применением технологии LLM (на примере ChatGPT) <i>Volkov A., Otbetkina T., Vidmanova A.</i> — An innovative method for improving educational process efficiency using LLM Technology58	Лаптов Д.С. — Модель сценария оценки качества программного обеспечения <i>Laptov D.</i> — Software quality assessment scenario model..... 108
Егоркин А.А. — Особенности использования алгоритма классификации k-means для данных, подчиненных степенному закону распределения <i>Egorkin A.</i> — Features of using the k-means classification algorithm for data subject to the power law of distribution65	Лаптов Д.С. — Методы обеспечения качества разработки программного обеспечения на основе системного подхода <i>Laptov D.</i> — Methods of ensuring the quality of software development based on a systematic approach. 114
Касымов А.А., Максимов Ю.М. — Использование генеративных алгоритмов для формирования документов <i>Kasymov A., Maximov Yu.</i> — Using generative algorithms to generate documents70	Лубенцов А.В., Кобзистый С.Ю. — Разработка методов и алгоритмов принятия оптимальных решений в управлении комплексной системой безопасности <i>Lubentsov A., Kobzisty S.</i> — Development of methods and algorithms for optimal decision-making in the management of an integrated security system ... 119
Касымов А.А., Максимов Ю.М. — Алгоритм распознавания и кластеризация рукописных текстов <i>Kasymov A., Maximov Yu.</i> — Algorithm for recognizing and clustering handwritten texts.....77	Машина Е.А. — Использование технологий распознавания речи при проведении групповых собеседований с целью совершенствования работы службы управления персоналом стартапа <i>Mashina E.</i> — Usage of speech recognition technologies during group interviews to improve the work of the personnel management service of a startup..... 125
Комаров П.О. — Обзор библиотеки DifferentialEquations.jl для решения дифференциальных уравнений численными методами <i>Komarov P.</i> — Overview of the DifferentialEquations.jl library for solving differential equations by numerical methods82	Никифоров М.М., Баутов А.Н. — Прогнозирование появления зон складчатости гибких плёночных конструкций на основе анализа напряжённо деформированного состояния <i>Nikiforov M., Bautov A.</i> — Prediction of the appearance of rolling zones of flexible structures on the basis of the analysis of the stress-strain state 131
Куделина Д.В., Бирюлин В.И. — Определение источников возникновения недопустимых доз фликера в электрических сетях <i>Kudelina D., Biryulin V.</i> — Determination of the unacceptable flicker doses sources in electric networks.....90	Салтанова Т.В. — Реализация метода конечных элементов для кинематической модели грунта, описывающей избыточные остаточные поровые давления <i>Saltanova T.</i> — Implementation of the finite element method for a kinematic soil model describing excessive residual pore pressures 135
Кузнецова Е.В., Кондрашова Е.В., Рытов М.Ю., Голембиовская О.М., Банников А.И. — Оценка факторов развития молодежного предпринимательства в студенческой среде <i>Kuznetsova E., Kondrashova E., Rytov M., Golembiovskaya O., Bannikov A.</i> — Assessment of the factors of youth entrepreneurship development in the student environment97	

- Семенюк В.В., Складчиков М.В.** — Разработка алгоритма классификации эмоционального состояния субъекта на основании речевых данных с использованием пакета Matlab
Semenyuk V., Skladchikov M. — Development of an algorithm for classifying the emotional state of the subject based on speech data using the Matlab package..... 139
- Терсков В.А., Сакаш И.Ю.** — Оценка надежности локальных компьютерных сетей при помощи Марковской модели множества разнородных групп коммутаторов
Terskov V., Sakash I. — The reliability assessment of local computer networks using a Markov model of multiple heterogeneous switch groups..... 146
- Терсков В.А., Сакаш И.Ю.** — Постановка задачи оптимизации структуры локальных компьютерных сетей
Terskov V., Sakash I. — Formulation of the problem of optimizing the structure of local computer networks..... 151
- Черенкова И.А., Кутликова И.В., Новиков М.В.** — Проблемы модернизации действующих информационных систем Минсельхоза России в современных условиях
Cherenkova I., Kutlikova I., Novikov M. — Problems of modernization of existing information systems of the Ministry of Agriculture of Russia in modern conditions..... 155
- Черепанов Н.В.** — Автоматизация управления и контроля параметров в ходе испытаний на этапе перехода к серийному производству
Cherepanov N. — Automation of management and the control of parameters over tests at the stage of transition to the batch production 159
- Шульга М.М.** — Анализ подходов к реализации непрерывной многофакторной аутентификации пользователей смартфонов
Shulga M. — Analysis of approaches to the implementation of continuous multi-factor authentication of smartphone users 164
- Клиническая медицина
- Григорян Н.С.** — Внутриматочное введение лонгидазы с целью профилактики образования внутриматочных синехий для возможного контроля состояния устьев маточных труб после гистероскопической абляции полости матки по поводу гиперпластических процессов у пациенток менопаузального периода
Grigoryan N. — Intrauterine administration of longidase in order to prevent the formation of intrauterine synechiae for possible control of the condition of the fallopian tube mouths after hysteroscopic ablation of the uterine cavity due to hyperplastic processes in menopausal patients... 168
- Казарян А.В.** — Применение клеевой системы VenaSeal (VenaSeal Closure System, Производство Medtronic США) при лечении варикозной болезни нижних конечностей
Ghazaryan A. — The use of the adhesive system VenaSeal (VenaSeal Closure System, Medtronic USA) in the varicose veins of the lower extremities treatment 172
- Комаров М.И., Ладыко Д.Д.** — Современные лечения больных раком предстательной железы
Komarov M., Ladyko D. — Modern treatments of patients with prostate cancer 178
- Кручинина М.В., Белковец А.В., Паруликова М.В., Громов А.А.** — Жировая болезнь печени смешанного генеза: особенности электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов
Kruchinina M., Belkovets A., Parulikova M., Gromov A. — Fatty liver disease of mixed genesis: features of electric and viscoelastic parameters of erythrocytes..... 185
- Перекопская В.С.** — Влияние полиморбидности на ранние результаты протезирования митрального клапана
Perekopskaya V. — Influence of polymorbidity on the early outcomes after mitral valve replacement... 197
- Попов В.П., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Шторина А.А., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Пузырева М.Н., Кондратюк А.А.** — Результаты исследования параметров базисов верхней челюсти у людей с различными трузионными вариантами зубных дуг
Popov V., Rozhkova M., Pavlova S., Shtorina A., Fischev S., Sevastyanov A., Puzdyreva M., Kondratyuk A. — The results of the study of the parameters of the bases of the upper jaw in people with various intrusive variants of dental arches..... 203

<p>Пристапа Е.М., Баклыгина Е.А. — Нарушение микробиоценоза влагалища как фактор риска развития истмико-цервикальной недостаточности <i>Pristupa E., Baklygina E.</i> — Violation of vaginal microbiocenosis as a risk factor for the development of isthmic-cervical insufficiency 209</p> <p>Россолько Д.С., Рухляда Н.Н., Прохорович Т.И., Джанибекова Ш.С., Коновалова М.В. — Влияние производственных условий на специфические функции женского организма женщин-проводников современного железнодорожного транспорта <i>Rossolko D., Rukhlyada N., Prokhorovich T., Dzhanibekova Sh., Konovalova M.</i> — The influence of</p>	<p>production conditions on the specific functions of the female body of female conductors of modern railway transport 213</p> <p>Севастьянов А.В., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Васильева Н.А., Фищев С.Б., Шторина А.А., Пуздырева М.Н., Кондратюк А.А. — Особенности лечения пациентов с перекрестной окклюзией <i>Sevastyanov A., Rozhkova M., Pavlova S., Vasilyeva N., Fischev S., Shtorina A., Puzdyreva M., Kondratyuk A.</i> — Features of treatment of patients with cross occlusion. 220</p> <p>Наши авторы 227</p>
--	--

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ХИЩНЫХ ПТИЦ ЗАКАЗНИКА «РУБЦОВСКАЯ СТЕПЬ»

MATERIALS FOR THE STUDY OF BIRDS OF PREY RESERVE «RUBTSOVSKAYA STEP»

S. Vazhov
V. Vazhov
A. Cheremisin
E. Cherdantseva
D. Grebenko
A. Sabitov
A. Usoltseva
E. Kiseleva

Summary. The purpose of this work is to summarize the author's and literary information about daytime and nocturnal birds of prey of the Rubtsovsk Steppe Sanctuary. The reserve is new, created in the Altai Territory in 2023 in the steppe zone of the region, one of its tasks is to protect the avifauna. On the territory of the reserve with a different nature of stay, 15 species of birds were identified, of which 8 are rare and are included in the federal and regional red books. The information obtained can be used to replenish the database and improve regional measures for the protection of biodiversity.

Keywords: Altai Territory, Rubtsovskaya Steppe reserve, birds of prey, rare species.

Введение

Задачи охраны биоразнообразия степных экосистем, занимающих в Алтайском крае половину территории, до 2023 года выполняли только 5 заказников из 38 действующих, и ещё в границы 7 заказников ча-

Важов Сергей Викторович
Канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Важов Виктор Маркович
Доктор с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск
vazhov49@mail.ru

Черемисин Алексей Александрович
Канд. геогр. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Заполярный
государственный университет им. Н.М. Федоровского»,
г. Норильск

Черданцева Елена Владимировна
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-
педагогический университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Гребенко Дарья Дмитриевна
магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Сабитов Алексей Рафаэлович
магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Усольцева Алина Александровна
магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Киселёва Елена Викторовна
Магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск

Аннотация. Цель данной работы состоит в обобщении авторских и литературных сведений о дневных и ночных хищных птицах заказника «Рубцовская степь». Заказник является новым, создан в Алтайском крае в 2023 году в степной зоне региона, одной из его задач является охрана орнитофауны. На территории заказника с разным характером пребывания выявлено 15 видов птиц, из них 8 являются редкими и включены в федеральную и региональную красные книги. Полученные сведения могут быть использованы для пополнения базы данных и в совершенствовании региональных мероприятий по охране биоразнообразия.

Ключевые слова: Алтайский край, заказник «Рубцовская степь», хищные птицы, редкие виды.

стично входят степные сообщества [1, 2]. В определённой степени эта диспропорция была устранена открытием в апреле 2023 года 39-го заказника. Новый государственный природный комплексный заказник краевого значения «Рубцовская степь» (рис. 1) располагается в Егорьевском и Рубцовском районах на площади 22,6 тыс. га [3].



Рис. 1. Местоположение заказника «Рубцовская степь» [1]

Функционирование вновь созданной особо охраняемой природной территории (ООПТ) предусматривает сохранение в нетронутом виде эталонных природных комплексов, охрану флоры и фауны, мониторинг природных процессов и их антропогенной трансформации.

Цель данной работы — обобщение авторских и литературных сведений о хищных птицах заказника «Рубцовская степь».

Научная новизна и практическая значимость работы состоит в пополнении базы данных для совершенствования мероприятий по охране жизнеспособных гнездовых группировок пернатых хищников в степной зоне Алтайского края.

Материалы и методы исследования

Для составления представления о распространении хищных птиц в заказнике проведён анализ доступных источников, включающих материалы красных книг разных уровней, а также другие информационные ресурсы. Полевые работы проводились на основе общепринятых методик изучения пернатых хищников с последующей камеральной обработкой [2]. Гнездовые участки выяв-

лялись в ходе автомобильных маршрутов в гнездопригодных биотопах, которые осматривались с использованием оптических приборов на остановках через каждые 200–400 м, а также на радиальных пеших маршрутах с целью обнаружения гнездовых построек или птиц, сидящих на присадах. Все места обнаружения птиц и их гнёзд привязывались к системе координат с помощью персональных спутниковых навигаторов Garmin Etrex, картировались и вносились в базу данных ArcView GIS ESRI, а также в Веб-ГИС Wildlifemonitoring.ru (<http://wildlifemonitoring.ru/>).

Результаты и их обсуждение

Важной задачей заказника «Рубцовская степь» является сохранение редких и исчезающих видов фауны в местах естественного обитания. Особую значимость имеют 23 вида животных, включённых в Красные книги Российской Федерации и Алтайского края [4, 5], среди них — 8 видов хищных птиц.

Распространение и численность птиц в значительной степени зависят от уровня трансформации ландшафтов и кормовой базы [6]. По данным Л.В. Пожидаевой, Д.В. Кузьменкина и М.В. Зяблинцевой [1] в заказнике

«Рубцовская степь» с разным характером пребывания обитает 15 видов дневных и ночных хищных птиц, в том числе из отряда Соколообразные Falconiformes — 13 (Ястребиные — 11, Соколиные — 2) и из отряда Собообразные Strigiformes — 2 вида (Совиные).

Семейство Ястребиные Accipitridae:

- чёрный коршун (*Milvus migrans*) возвращается на прежние места гнездования в самом начале схода снежного покрова. Гнездится чаще в полезащитных лесных полосах вблизи озёр и болот. Примерно через неделю после прилёта приступает к процессу гнездования. Обычно на одном участке, занимаемом коршуном несколько лет подряд, этот хищник имеет старые пустующие гнёзда, их коршун использует как кормовые столики [7]. В питании неразборчив, поедает падаль, различные отбросы, а также естественные корма (рыбу, птиц, грызунов, крупных насекомых). Весной хищник концентрируется стаями на свалках вблизи поселений;
- полевой лунь (*Circus cyaneus*) в заказнике встречается единично. Прилетает на гнездовый участок рано, с начала снеготаяния. Луни могут менять места гнездования, что связано с наличием кормов. Свои гнёзда устраивают на сухом месте на земле, среди кустов или травы [7]. Пищевой рацион включает мелких мышевидных грызунов, крупных насекомых, мелких птиц, куликов, лягушек и ящериц;
- степной лунь (*C. macrourus*) редкий вид [4, 5], обитает в степи, по окраинам озёр и болот. Места гнездования меняет в зависимости от наличия грызунов, предпочитает влажные биотопы. Гнезда строит на поверхности земли в загущенном травостое или в зарослях тростника, что позволяет их маскировать. Питается грызунами, ящерицами и крупными насекомыми, может ловить птиц и птенцов;
- болотный лунь (*C. aeruginosus*) наблюдается вблизи озёр, на водно-болотных угодьях и вдоль магистрального канала Алейской оросительной системы. На места гнездования прилетает рано. Гнезда сооружает на озёрах или на берегу у воды, в основном на заламах в зарослях тростника, рогоза [7]. Питается водными и околоводными животными, птицами, падалью и рыбой;
- перепелятник (*Accipiter nisus*) неоднократно встречен у озера Горчина, являясь по характеру питания орнитофагом, этот ястреб охотится здесь на мелких воробьиных птиц и куликов. Гнездится в лесной местности, может строить гнёзда в узких полезащитных лесополосах. Зимующие перепелятники концентрируются в селитебных ландшафтах, где добывают мелких синантропных птиц и голубей [7];
- обыкновенный канюк (*Buteo buteo*) держится в степи и в лесных полезащитных и придорожных полосах. Прилетают канюки парами в период схода снега на открытых участках, сразу начинают сооружать гнёзда или подновляют старые. Постройку могут занимать долгие годы [7, 8]. Основу питания составляют мышевидные грызуны, другие мелкие животные, иногда птицы, лягушки, крупные насекомые и пресмыкающиеся;
- зимняк (*B. lagopus*) — не гнездящийся вид, учтён на зимовках в открытых биотопах степи. Появляется до выпадения сплошного снежного покрова. Рацион питания в основном состоит из мелких грызунов [7];
- курганник (*B. rufinus*) — редкий вид [4, 5], постоянно регистрируется во второй половине лета на сенокосно-пастбищных угодьях. Начинает гнездиться в апреле. Гнезда строит в остепнённых колках или в лесополосах, может занимать старые гнездовые сооружения и подновляет их. Рацион питания составляют в большей части грызуны, кроме них — ежи, ящерицы, черепахи, зайчата, змеи, птицы, крупные насекомые;
- змееед (*Circaetus gallicus*) редкий вид [4, 5], иногда держится у озера Горчина, известна встреча в окрестностях с. Б. Шелковка в июле 2020 года [1]. На гнездовья прилетает после таяния снега и выхода змей из зимовки, служащих ему основным кормом. Гнезда сооружает в скрытых местах на деревьях, слабо заметных снизу;
- большой подорлик (*Aquila clanga*) — редкий вид [4, 5], отмечается у озера Горчина. Установлено его гнездование на сопредельной с заказником территории Рубцовского и Егорьевского районов вблизи имеющихся здесь многочисленных озёр и болот [9]. Основу типа питания подорлика, как неспециализированного хищника, составляют многочисленные грызуны, птицы, рептилии, лягушки, а также рыбы небольших размеров [10];
- могильник (*A. heliaca*) — редкий вид [4, 5], известен на гнездовании в окрестностях озера Солёное, спорадически распространён в Рубцовском и Егорьевском районах, где также имеются его гнёзда. Кормовой рацион состоит из позвоночных животных разного размера, ловит птиц, змей, ящериц, беспозвоночных, подбирает падаль;
- беркут (*A. chrysaetos*) — один из самых редких орлов на Алтае [4, 5], зарегистрированы единичные встречи у озера Горчина. При отсутствии беспокоящих факторов и наличии соответствующей кормовой базы беркуты могут жить всю жизнь на одном участке, ежегодно занимают одно и то же гнездо. К гнездованию приступают раньше других орлов, гнездовые сооружения строят в основном на деревьях [7]. Питаются массовыми видами грызунов и врановыми, зимой охотятся на зайцев и разных птиц, кормятся падалью;

— орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) — редкий вид [4, 5], изредка посещает в поисках корма озёра Горчина и Солёное. Склонен к осёдлости, часть птиц, вероятно, на зиму мигрирует. Пары постоянны и могут занимать гнездовой участок в течение многих лет. Все известные на территории края гнёзда устроены на деревьях [10, 11]. Иногда орлан занимает гнёзда могильника. В отношении питания хищника спектр чрезвычайно широк: рыба, чаще заморная или снулая, водоплавающие птицы, млекопитающие, иногда амфибии и рептилии, падаль.

Семейство Соколиные Falconidae в заказнике насчитывает 2 вида [1], это редкий здесь балобан (*Falco cherrug*) [4, 5] и обыкновенная пустельга (*F. tinnunculus*).

Балобан прилетает в заказник ко времени выхода краснощёких сусликов из нор — основного объекта питания. Известна встреча выводка этого сокола в заказнике в 2020 году в лесополосе у границы с Казахстаном [1]. При уходе сусликов в спячку балобан добывает птиц.

Пары постоянны и занимают гнездовой участок много лет. Может гнездиться в старых постройках могильника, ворона и др., устраивает гнёзда в лесных полосах на деревьях, иногда на опорах ЛЭП [12].

Обыкновенная пустельга широко распространена в заказнике, прилетает парами на гнездовые участки в придорожные и полезащитные лесополосы за 1,5–2 недели до гнездования. Своих гнёзд не строит, размножается в постройках врановых на деревьях, иногда на опорах ЛЭП. Пустельга адаптировалась в урбанизированной среде, известны случаи её размножения в нишах зданий и сооружений. Питается мышевидными грызунами, птицами, ящерицами, в годы депрессий грызунов — крупными насекомыми [1, 8].

В заказнике «Рубцовская степь» гнездится 2 вида сов [1]: ушастая (*Asio otus*) и болотная (*A. flammeus*).

Ушастая сова обычна в полезащитных и придорожных лесополосах вблизи околородных угодий, где занимает старые гнёзда врановых птиц, иногда использует постройки ястребиных, изредка гнездится в заламах тростников [8, 13]. Пищевой рацион совы состоит в большей части из мышевидных грызунов, иногда ловит насекомых и мелких птиц. Зимой посещает поселения, где отлавливает мелких синантропных животных.

Болотная сова распространена в открытой болотистой местности, населённой грызунами. На места гнездования прилетает рано весной, с появлением первых проталин. Строит своё гнездо на поверхности земли среди травы, небольших кустов [8, 13]. Птица малоосторожная, чаще сидит на земле и поджидает жертву. Пищевой рацион пополняет мелкими птицами или птенцами, лягушками, ящерицами, крупными насекомыми. Охотится в основном ночью и в сумерки.

Вывод

Дневные и ночные хищные птицы в фауне заказника «Рубцовская степь» представлены 15 видами с разным характером пребывания, в том числе 11 видов ястребиных, по 2 вида — Соколиных и Совиных. Среди пернатых хищников 8 видов подлежат охране и включены в региональную и федеральную красные книги.

В комплексе мероприятий по охране пернатых хищников в заказнике важной является профилактическая мера, касающаяся просветительской работы среди местного населения о пользе хищных птиц в природе как регуляторов популяций грызунов — переносчиков зоонозных инфекций и не в меру расплодившихся синантропных птиц — переносчиков паразитарных и инфекционных заболеваний. Актуальным также является сооружение искусственных гнездовых в заказнике в связи с недостатком гнездопригодных деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы комплексного экологического обследования участков территории Рубцовского и Егорьевского районов Алтайского края, обосновывающие придание им статуса государственного природного заказника краевого значения «Рубцовская степь». Барнаул, 2021. 94 с. [Электронный ресурс]. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnje_resursy/oopt/ooptAK/organizacija_novyx_osobo_oxranjaemyx_prirodnix_territorij_altajskogo_kraja/?ysclid=Ihadz3b8y266390014 (дата обращения 22.06.2023). Заглавие с экрана.
2. Черемисин А.А., Важов С.В., Важов В.М. Территориальная оценка заказников Алтайского края в целях организации орнитологических туров // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 176–181. DOI:10.17513/use.37382
3. О создании государственного природного комплексного заказника краевого значения «Рубцовская степь» в Егорьевском и Рубцовском районах Алтайского края. Постановление Правительства Алтайского края от 28.04.2023 № 141 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения 21.06.2023). — Заглавие с экрана.
4. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с.
5. Красная книга Алтайского края. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 3-е изд., переработ. и доп. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. 312 с.

6. Важов С.В., Важов В.М., Ушакова Г.Г., Штехман А.И., Черданцева Е.В. К изучению летней фауны и населения птиц низовой реки Би // Научно-практический журнал «Вестник ИргСХА». 2023. № 2 (115). С. 59–72. DOI:10.51215/1999-3765-2023-115-59-71
7. Кучин А.П. Птицы Алтая. Горно-Алтайск, 2004. 777 с.
8. Телегин В.И., Николаев В.В. Материалы по гнездованию птиц в Западной Сибири // Алтайский зоологический журнал. 2010. № 4. С. 67–77.
9. Важов С.В., Мацюра А.В., Важов В.М. Большой подорлик *Aquila clanga* в Алтайском крае и Республике Алтай // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 3. С. 63–77. DOI:10.18470/1992–1098–2022–3–63–77.
10. Vazhov S.V. Specifics of spatial distribution of nests of some species of the Falconiformes and Strigiformes in strip pine forests of Priobskoye Plateau (Altaiy Kray, Russia) // Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 16 (11). P. 1606–1612.
11. Котлов А.А. К распространению редких птиц на юго-западе Кулунды // Алтайский зоологический журнал. 2015. № 9. С. 69–71.
12. Важов С.В., Важов В.М. Балобан *Falco cherrug* в Алтайском крае и Республике Алтай // Русский орнитологический журнал. 2020. Т. 29 (1970). С. 4073–4090.
13. Кучин А.П. Экология сов Верхнего Приобья // Проблемы экологии. Томск, 1967. С. 204–209.

© Важов Сергей Викторович; Важов Виктор Маркович (vazhov49@mail.ru); Черемисин Алексей Александрович; Черданцева Елена Владимировна; Гребенко Дарья Дмитриевна; Сабитов Алексей Рафаэлович; Усольцева Алина Александровна; Киселёва Елена Викторовна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТВЫ (RUTILUS RUTILUS L.) ВЕЛИКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ROACH (RUTILUS RUTILUS L.) FROM THE GREAT BAY OF LAKE ONEGA USING METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS

**I. Dzyubuk
E. Klyukina**

Summary. The analysis of the results of studies of the biology of roach (*Rutilus rutilus* L.) from the Great Bay of Onega lake (Karelia) is presented in the article. Fishing was carried out in the summer period (June and July) 2023 near the coast of Kizhi Island and at a distance (500 m) from it. A total of 42 fish specimens were studied. It has been revealed that roaches aged from 2+ to 7+ years inhabited near the coast of Kizhi Island (individuals 3+ and 4+ years old predominated), in which the body length was in the range of 10.8–19.6 cm, the mass of 9.1 g to 97.0 g and the fatness of 0.7 to 1.4. At a distance from the island, roaches aged 6+–10+ years fattened (individuals 8+ years old predominated), for which the length was in the range of 17.9–28.2 cm, the mass of 78 g to 165.3 g, the fatness of 0.8 to 2.4. It has been established that for the roach (*R. rutilus* L.) from the Great Bay, males (60 %) predominated over females (40 %) in percentage terms. The equation for the growth of roach (2+–10+ years) from the Great Bay of Onega lake was obtained ($W = 0,02 \cdot Lt^{2,8}$, where W — mass, g, Lt — body length AC, cm). It has been revealed that the growth rate of roach from the Great Bay of Onega lake (Middle Karelia) is lower than that of roach from lakes Pryazhinskoye and Shangima (Lake Onega basin, South Karelia).

Keywords: roach, weight, body length, fatness, age composition, sex composition, Great Bay, Onega lake.

Дзюбук Ирина Михайловна

кандидат биологических наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет,
ikrup69@mail.ru

Клюкина Елена Александровна

кандидат технических наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет,
elena_k_79@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ результатов исследований биологии плотвы (*Rutilus rutilus* L.) Великой губы Онежского озера (Карелия). Отлов рыб проводился в летний период (июнь и июль) 2023 года у берега острова Кижы и в отдалении (500 м) от него. Всего исследовано 42 экземпляра рыб. Выявлено, что у берега острова Кижы обитает плотва возраста от 2+ до 7+ лет (преобладают особи 3+ и 4+ лет), у которой длина тела была в пределах 10,8–19,6 см, масса — 9,1–97,0 г и упитанность — 0,7–1,4. В отдалении от острова нагуливается плотва возраста 6+–10+ лет (преобладают особи 8+ лет), для которой длина была в пределах 17,9–28,2 см, масса — 78–165,3 г, упитанность — 0,8–1,4. Установлено, что у плотвы (*R. rutilus* L.), обитающей в Великой губе, в процентном отношении преобладали самцы (60 %) над самками (40 %). Получено уравнение роста плотвы (2+–10+ лет), обитающей в Великой губе Онежского озера ($W = 0,02 \cdot Lt^{2,8}$, где W — масса тела, г, Lt — длина тела AC, см). Было выявлено, что скорость роста плотвы, обитающей в Великой губе Онежского озера (Средняя Карелия) ниже, чем у плотвы из озер Пряжинское и Шаньгима (бассейн Онежского озера, Южная Карелия).

Ключевые слова: плотва, масса, длина тела, упитанность, возрастной состав, половой состав, Великая губа, Онежское озеро.

В настоящее время не теряют актуальности работы по изучению рыбного населения пресноводных озер Карелии, в том числе и крупнейшего водоема — Онежского озера [2, 3, 12, 14]. Они представляют научный интерес, а также имеют практическое значение для развития рыбохозяйственной отрасли в регионе.

Многочисленные результаты исследования Онежского озера отразили нежелательные изменения в экосистеме, в том числе рыбной части ее сообщества, в процессе эвтрофикации, интенсивно развивавшейся в разных районах озера [1, 9, 13].

Для предотвращения возможных негативных изменений и сохранения экологического баланса в экосистеме Онежского озера важно иметь информацию о современном состоянии популяций разных видов рыб. Изучение особенностей роста, развития, половой структуры популяций рыб и других параметров является необходимой составляющей ихтиологического мониторинга озер, которое позволяет формировать представления о современном состоянии рыбной части сообщества, прогнозировать изменения и решать вопросы поддержания численности разных видов рыб.

Во многих водоемах Карелии, от мелких рек до крупнейших озер, распространена плотва (*R. rutilus* L.). Она относится к массовым и вторично промысловым видам рыб Онежского озера. Распространена по всей акватории водоема, преимущественно населяет мелководные заливы (губы Кефть, Святуху, Оров, Великую и др.) с обширной водной растительностью, где обеспечена пищей и укрытиями. Плотва является эврифагом и конкурентом в питании леща и молоди ценных видов рыб. Это высоко толерантный вид, переносит органическое загрязнение вод и низкое содержание в них питательных веществ.

Целью работы была оценка современного биологического состояния плотвы (*Rutilus rutilus* L.) Великой губы Онежского озера с использованием современных методов математической статистики.

Материалы и методики исследования

Исследования проводили в акватории Великой губы Онежского озера, расположенной в Медвежьегорском районе Республики Карелия. Великая губа — один из мелководных, северо-западных заливов озера, врезающийся в Заонежский полуостров. Ранее этот район отличался повышенной продуктивностью, по сравнению с открытыми районами озера [7].

Вылов рыб осуществляли в районе, прилегающем к западной части острова Кижы (у берега и на расстоянии 500 м от берега), в летний период (июнь — июль) 2022 года на удочку (поплавочную и спиннинговую).

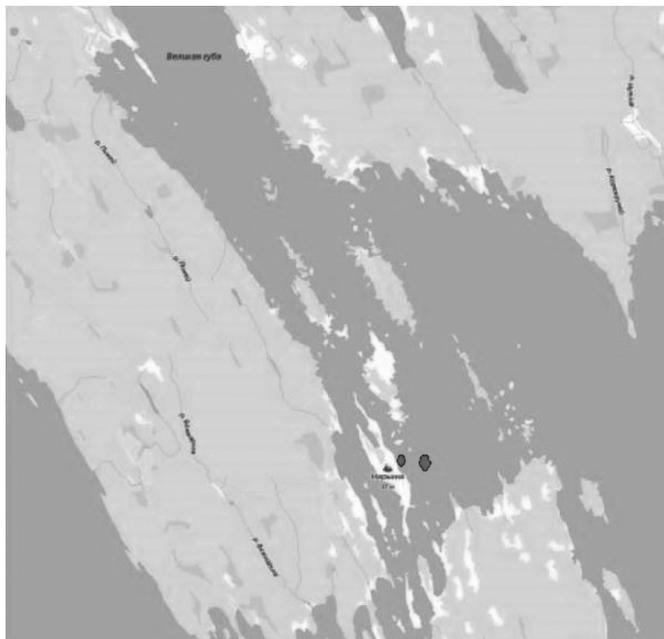


Рис. 1. Расположение мест вылова рыб (отмечены стрелками)

(https://yandex.ru/maps/geo/selo_velikaya_guba/53127533/?ll=35.222600%2C62.082239&source=entity_search&z=16)

Всего было исследовано 42 особи плотвы: 18 (у берега), 24 (в 500 м от берега). Взвешивание, измерение, определение возраста, вскрытие рыб проводили по стандартным методикам [8, 10]. Непосредственно после отлова рыбу измеряли с помощью сантиметровой ленты, взвешивали на электронных весах и проводили отбор чешуи для определения возраста. В лабораторных условиях готовили чешуйные препараты, по которым определяли возраст рыб, просматривая при помощи бинокля МБС-6. При вскрытии рыбы определяли ее пол.

В ходе исследований давали оценку возрастного, размерно-массового и полового состава рыб в уловах у берега острова Кижы и в отдалении от берега на расстоянии 500 м. Для оценки возрастного и полового составов плотвы из разных районов отлова использовали процентное соотношение возрастных групп и разных полов (самок и самцов) соответственно. Для характеристики размерно-массовых параметров рыб, вычисляли средние значения массы (г) и длины тела (АВ, см), а также диапазоны варьирования этих параметров. Исследование роста массовых видов рыб провели с помощью регрессионного анализа, а именно, построили линии регрессии, отображающие зависимость массы тела рыб от длины тела АС. Определяли степень упитанности рыб, используя коэффициент упитанности, вычисляемый по формуле T.W.Fulton:

$$Q = 100 \cdot M/L^3,$$

где M — масса тела в г, L — длина тела (АС).

Весь фактический материал обработан статистически с применением стандартных методов вариационной статистики [5]. Статистическую обработку данных, построение таблиц и графиков проводили с использованием стандартного программного пакета MS Excel.

Результаты и обсуждение

В результате нашего исследования было выявлено, что возраст плотвы, обитающей в Великой губе Онежского озера, был от 2+ до 10+ лет. Известно, что продолжительность жизни плотвы в Карельских озерах — 20 лет, но особи старше 14 лет в уловах встречаются редко [3, 4, 15]. Оказалось, что около берега острова Кижы плотва была представлена в уловах особями возраста 2+–7+ лет. Наибольшее количество (28 %) было особей 3+ и 4+ лет, наименьшее (5,6 %) — трехлеток (2+). Можно предположить, что отсутствие молоди плотвы (0+–1+ лет) в уловах, связано с тем, что она остается вблизи нерестилищ, а затем, достигая возраста 2+ лет переходит на другие кормные участки в береговой зоне острова Кижы. В возрасте 6+–7+ лет и старше плотва нагуливается главным образом ближе к открытой части залива. Так, в уловах в районе, отдаленном от береговой зоны острова Кижы,

плотва была возраста 6+–10+ лет. Наибольшее количество (41 %) было девятилеток (8+) плотвы, наименьшее (4 %) — семилеток (6+).

В ходе исследований был проведен анализ полового состава плотвы залива Великой губы Онежского озера. В выборках по уловам у берега острова Киж и на отдалении от него присутствовали как самки, так и самцы плотвы. Доля самок плотвы как у берега острова, так и в отдалении от него составила 40 %, доля самцов — 60 %. Преобладание самцов над самками плотвы может свидетельствовать о снижении темпов воспроизводства популяции в районе острова Киж Великой губы Онежского озера.

Наиболее точные границы для альтернативного признака «пол плотвы» дает ф-преобразование Фишера [5]. Так, доверительные границы доли самок плотвы в уловах у берега ($p=0,4$ при уровне значимости $\alpha=0,05$):

$$флев = 1,369 - 1,96/18^{0,5} = 0,907,$$

$$фправ = 1,369 + 1,96/18^{0,5} = 1,831,$$

$$рлев = p(0,907) = 19,2 \%, рправ = p(1,831) = 62,9 \%.$$

То есть доля самок плотвы в генеральной совокупности (у берега острова) составляет минимум 19,2 %, а максимум — 62,9 %.

Доверительные границы доли самок плотвы в уловах в отдалении от берега ($p=0,4$ при уровне значимости $\alpha=0,05$):

$$флев = 1,369 - 1,96/24^{0,5} = 0,969,$$

$$фправ = 1,369 + 1,96/24^{0,5} = 1,769,$$

$$рлев = p(0,969) = 21,7 \%, рправ = p(1,769) = 59,9 \%.$$

То есть доля самок плотвы в генеральной совокупности (в отдалении от берега острова) составляет минимум 21,7 %, а максимум — 59,9 %.

В водоемах Карелии плотва может достигать по длине 30–35 см и по массе 1,2–1,4 кг. Обычные ее размеры в возрасте 10 лет — 20 см и масса — 150 г. В озере Пяозеро плотва в возрасте 14 лет достигает размера 21,4 см и массы 184 г, а в Онежском озере в возрасте 15 лет — 27,5 см и 245 г соответственно [3, 4, 11]. Анализ размерно-массовых параметров плотвы Великой губы Онежского озера показал, что длина плотвы (2+–7+ лет), пойманной у берега острова Киж, была в пределах 10,8–19,6 см, масса — 9,1–97,0 г. Длина плотвы (6+–10+ лет) из уловов в отдалении от берега острова была — 17,9–28,2 см, масса — 78–165,3 г.

Плотва — медленно растущий в карельских водоемах вид карповых. Абсолютный прирост длины и массы плотвы, обитающей у берега острова Киж в Великой губе Онежского озера, составляет за 5 лет 8,4 см и 87,9 г соответственно, а у выловленной вдали от берега острова за 4 года — 10,3 см и 87,3 г соответственно. Коэффициент упитанности, рассчитанный для плотвы, обитающей у берега острова Киж, был в пределах 0,7–1,4, а для нагуливающейся вдали от берега острова — 0,8–2,4.

В ходе исследования плотвы (2+–10+ лет) Великой губы Онежского озера было получено уравнение роста

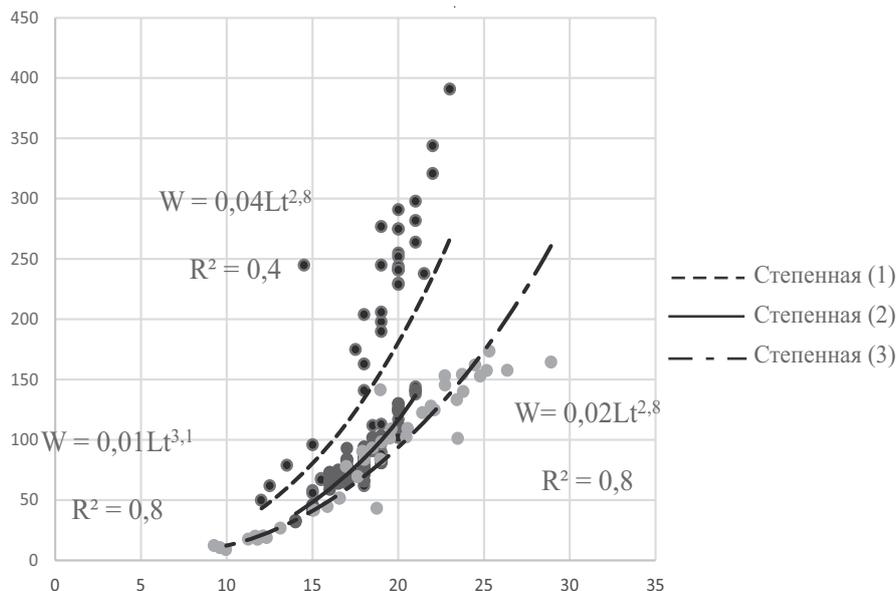


Рис. 2. Соотношение массы (W) и длины тела AC (Lt) плотвы (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)): 1 — линия регрессии для плотвы (3+–10+ лет) озера Пряжинское, 2 — линия регрессии для плотвы (4+–7+ лет) озера Шаньгима, 3 — линия регрессии для плотвы (2+–10+ лет) Великой губы Онежского озера

($W = 0,02 \cdot Lt^{2,8}$, где W — масса тела, г, Lt — длина тела АС, см), которое объясняет 83 % ($R^2 = 0,84$) изменчивости в массе тела плотвы. Данный степенной тренд был получен после исключения одного выпада, который не удовлетворял критерию выпада t [5], а именно, самца возраста 7+, обитающего у берега острова Кижы, с длиной тела АС, равной 18,0 см, и массой тела, равной 110 г.

Ранее нами были получены уравнения роста для плотвы двух озер бассейна Онежского озера — Пряжинское (мезогумозное, олиготрофное) и Шаньгима (эвтрофное) [3]. Для сравнительного анализа роста плотвы (*R. rutilus*) в Великой губе Онежского озера и озер Пряжинское и Шаньгима построили следующие линии регрессии: для плотвы (3+–10+ лет), обитающей в озере Пряжинское ($W = 0,04 \cdot Lt^{2,8}$); для плотвы (4+–7+лет), обитающей в озере Шаньгима ($W = 0,01 \cdot Lt^{3,1}$); для плотвы (2+–10+ лет), обитающей в Великой губе (рис. 2).

Построенная линия регрессии по плотве, обитающей в Великой губе Онежского озера (Средняя Карелия), показала низкую скорость роста у нее, по сравнению с плотвой из озер, располагающихся в Южной Карелии (Пряжинское и Шаньгима).

Заключение

В результате проведенных исследований (июнь—июль 2022 года) было выявлено, что в Великой губе Онежского озера обитает плотва возраста +2–10+ лет. При этом, у берега острова Кижы преимущественно концентрируется плотва возраста 2+–7+ лет с преобладанием четырех— и пятилеток (3+–4+ лет), а в отдалении от берега плотва более старшего возраста — 6+–10+ лет с преобладанием девятилеток (8+ лет). Вероятно, это связано с тем, что плотва возраста полового созревания (3–5 лет) в основном обитает у берега острова Кижы, где находит оптимальные условия откорма (высшие растения, планктон, микробентос, перифитон, детрит и др.) и места укрытия в водной растительности. В более старшем возрасте (6+–7+ лет) плотва отходит от береговой зоны и нагуливается в отдалении от берега острова ближе к открытой части залива с подходящими для себя

кормовыми условиями (донные растения, низшие водоросли, крупные беспозвоночные, личинки и мальки рыб и др.), а крупные размеры позволяют плотве избегать хищников.

Анализ полового состава плотвы, показал, что и у берега острова, и в отдалении от него преобладали самцы (60 %) над самками (40 %). Известно, что при благоприятных условиях количество самок в популяции рыб увеличивается, что способствует воспроизводству и увеличению численности особей в популяции. Поэтому, смещение в соотношении полов в сторону самцов может быть показателем изменения условий обитания для плотвы и снижения темпов воспроизводства популяции в районе острова Кижы Онежского озера.

Полученные размерно-массовые показатели плотвы, обитающей в районе острова Кижы Великой губы Онежского озера, соответствуют имеющимся литературным данным. Так, длина плотвы (2+–10+ лет) Великой губы Онежского озера была в пределах 10,8–28,2 см, а масса — 9,1–165,3 г. Абсолютный прирост длины и массы плотвы в среднем за год составляет 2,1 см и 19,5 г соответственно. Коэффициент упитанности, рассчитанный для плотвы (2+–10+ лет) Великой губы был в пределах 0,7–1,4. Наименее упитанные были трехлетки (2+) плотвы, а наиболее упитанные — восьмилетки (7+).

Сравнительный анализ роста плотвы в Великой губе Онежского озера и в ранее исследованных нами озерах Пряжинское и Шаньгима (бассейн Онежского озера), выявил, что скорость роста плотвы, обитающей в Великой губе Онежского озера ниже, чем у плотвы этих озер. Это закономерно и связано с тем, что Великая губа (северо-западный залив) Онежского озера, расположена севернее (Средняя Карелия) озер Пряжинское и Шаньгима (Южная Карелия). При этом плотва растет быстрее в мезогумозном, олиготрофном озере Пряжинское, чем в эвтрофном озере Шаньгима.

Выражаем благодарность за помощь в сборе материала Яне Владимировне Придня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоресурсы Онежского озера / Сост. В.И. Кухарев, А.А. Лукин. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 272 с.
2. Дзюбук И.М., Ключкина Е.А. Современное биологическое состояние массовых видов рыб озера Кончезеро (Карелия) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 20. № 5. 2018. С. 104–109.
3. Дзюбук И.М. Оценка видовой структуры и состояния популяций рыбного населения озер бассейна Онежского озера (Карелия) с использованием методов математической статистики. / И.М. Дзюбук, Е.А. Ключкина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара, 2019. Т.21, № 2(2). С.147–153.
4. Ивантер Д.Э., Рыжков Л.П. Рыбы. Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. 176 с.
5. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 298 с.
6. Кафанова В.В. Методы определения возраста и роста рыб: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1984. 55 с.
7. Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. 293 с.

8. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
9. Рыбы Онежского озера и их хозяйственное использование. Л., 1983. 123 с.
10. Рыжков Л.П., Дзюбук И.М., Кучко Т.Ю. Ихтиологические исследования на водоемах: учеб. Пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 72 с.
11. Савосин Д.С., Ильмаст Н.В. Ихтиофауна озера Пяозера (северная Карелия): материалы VI Международного Балтийского морского форума [Электронный ресурс]. Калининград: Изд-во: Калининградский государственный технический университет. 2018. С. 135-147 // Режим доступа URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36906388> (дата обращения: 18.05.2020).
12. Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В., Милянчук Н.П. Рыбное население малых водоемов бассейна Онежского озера и перспективы их использования // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Сер. Экологические исследования. 2018. № 10. С. 96–104.
13. Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Ред. З. С. Кауфман. Л., 1990. С.192–231.
14. Dzyubuk I.M. Characterization of the fish population in the south-west part of Onega lake (Karelia) based on the results of long-term monitoring /Journal of Environmental Treatment Techniques. 2020, Vol.8, Iss. 4, P.: 1510–1515. (ISSN 2309-1185-Iran-Scopus).
15. Dzyubuk I.M. Long-term changes in the fish population in a lake of the Kuma reservoir system (Karelia, Russia). Iran. J. Ichthyol. (2021) 8(4): 303–310. P-ISSN: 2383-1561; E-ISSN: 2383-0964

© Дзюбук Ирина Михайловна (ikrup69@mail.ru); Клюкина Елена Александровна (elena_k_79@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ФАКТОРОВ АДГЕЗИИ У ШТАММОВ *CORYNEBACTERIUM NON DIPHThERIAE*

ANALYSIS OF THE PREVALENCE OF ADHESION FACTORS IN *CORYNEBACTERIUM NON DIPHThERIAE* STRAINS

**T. Kulshan
I. Bugaeva**

Summary. Currently, various species of *Corynebacterium non diphtheriae* cause multiple infectious complications and are resistant to a large arsenal of antimicrobial drugs. Obviously, their acquisition of pathogenicity and virulence factors is a key moment in enhancing their pathogenic potential. Analysis of the prevalence of adhesion factors in the structure of *Corynebacterium non diphtheriae* strains, which allow them to acquire new pathogenic properties in the process of evolution, contributes to understanding the mechanisms of their attachment to various target cells of the macroorganism and the development of more effective therapeutic and prophylactic drugs that prevent the adhesion of bacterial pathogens. In this regard, using the blastp algorithm, the amino acid sequences SpaA, SpaD and SpaH of the reference strain *Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129, which mediate bacterial adhesion, were examined for the presence of these homologous sequences in other species of *Corynebacteria*. It has been established that the SpaD and SpaH protein sequences are present in the structure of many species of *Corynebacterium non diphtheriae*, which play a different role in human infectious pathology.

Keywords: *corynebacterium non diphtheriae*, genomes, proteins, adhesion factors, pili, pathogenic and virulent properties.

Кульшань Татьяна Алексеевна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
tatjana.kulshan@yandex.ru

Бугаева Ирина Олеговна

Доктор медицинских наук, профессор,
Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
microbe.sgmu@mail.ru

Аннотация. В настоящее время различные виды *Corynebacterium non diphtheriae* вызывают множественные инфекционные осложнения и обладают устойчивостью к большому арсеналу противомикробных препаратов. Очевидно, что приобретение ими факторов патогенности и вирулентности является ключевым моментом в усилении их патогенного потенциала. Анализ распространенности в структуре штаммов *Corynebacterium non diphtheriae* факторов адгезии, позволяющих приобретать новые патогенные свойства в процессе эволюции, способствует пониманию механизмов их прикрепления к различным клеткам-мишеням макроорганизма и разработке более эффективных лечебно-профилактических препаратов, предотвращающих адгезию бактериальных патогенов. В этой связи, с помощью алгоритма blastp были исследованы аминокислотные последовательности SpaA, SpaD и SpaH референсного штамма *Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129, которые опосредуют бактериальную адгезию, на присутствие данных гомологичных последовательностей у других видов коринебактерий. Установлено, что аминокислотные последовательности SpaD и SpaH присутствуют в структуре многих видов недифтерийных коринебактерий, играющих различную роль в инфекционной патологии человека.

Ключевые слова: *corynebacterium non diphtheriae*, геномы, белки, факторы адгезии, пили, патогенные и вирулентные свойства.

Введение

Corynebacterium non diphtheriae представляют собой грамположительные палочковидные бактерии, которые в настоящее время вызывают особую озабоченность, поскольку являются возбудителями различных инфекций, включая инфекции кожи и мягких тканей, инфекции протезов суставов, инфекции области хирургического вмешательства, бактериемию, респираторные и урогенитальные инфекции, менингит, перитонит, эндокардит и другие [1,2,3,4,5].

Филогенетические исследования, проводимые ранее, установили, важную роль в эволюции *Corynebacterium* генов, связанных с патогенными и вирулентными свойствами, которые передавались между видами с помощью горизонтального переноса [6,7]. В геномах *Corynebacterium non diphtheriae* были обнаружены островки патогенности, которые традиционно ассоци-

ировались с вирулентностью, включая поглощение железа, секретируемые токсины, регионы CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), кластеры генов, ответственных за продукцию пилей адгезии и другие [8,9,10,11].

Важным фактором патогенности коринебактерий являются пили, принимающие участие в адгезии, обуславливающую прикрепление и колонизацию тканей хозяина. Кроме того, пили способствуют взаимодействию с другими бактериями в микробиопленке, что обуславливает выживание микроорганизмов, а также их адаптацию к внешним неблагоприятным условиям среды, в том числе к воздействию антимикробных препаратов. Пили участвуют в транслокации ДНК через биологические мембраны и могут служить фаговыми рецепторами [8,10,11,12].

Цель: провести анализ присутствия в структуре штаммов *Corynebacterium non diphtheriae* аминокислотных

последовательностей SpaA, SpaD и SpaH, опосредующих бактериальную адгезию.

Материалы и методы исследования

Для проведения молекулярно-генетического анализа были выбраны следующие аминокислотные последовательности, ответственные за адгезию коринебактерий: SpaA, SpaD и SpaH. В качестве референсного генома использована последовательность *Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129, представленного в базе данных GenBank (NC_002935.2). Аминокислотные последовательности были получены из NCBI GenBank (SpaA (WP_010935504.1), SpaD (WP_010934132.1), SpaH (WP_010935680.1). Для сравнения полученных аминокислотных последовательностей с аналогичными белками различных видов *Corynebacterium non diphtheriae* использовался алгоритм поиска blastp (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>).

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение последовательности генома типичного штамма *C. diphtheriae*, выделенного из клинического материала в Соединенном Королевстве (штамм NCTC13129) выявило содержание трех отдельных кластеров генов пилей: spaABC, spaDEF, spaHGI [11,12].

Первый кластер состоит из трех субъединиц spa (sortase-mediated pilus assembly): SpaA, SpaB и SpaC. SpaA основной белок пилей, равномерно распределен вдоль оси пилей и принимает участие в его формировании, SpaB располагается через равные промежутки, а SpaC расположен на конце оси. Для сборки предшественников SpaABC в высокомолекулярный комплекс требуется сортаза SrtA, которая принимает участие в формировании ковалентных связей между белковыми субъединицами пилей, а также между основанием пилей и клеточной стенкой бактерий (рис. 1) [11,12].

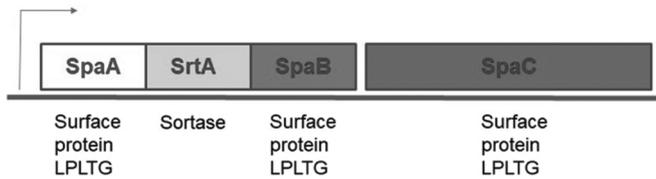


Рис. 1. Структура кластера spaABC *Corynebacterium diphtheriae* (Ton-That H. et al., 2003)

Различные типы пилей (SpaA, SpaD и SpaH) у коринебактерий позволяют им взаимодействовать с разнообразными мишенями клеток-хозяев, обуславливая их тропизм к определенным рецепторам тканей организма или с другими микроорганизмами в различных экологических нишах (рис. 2).

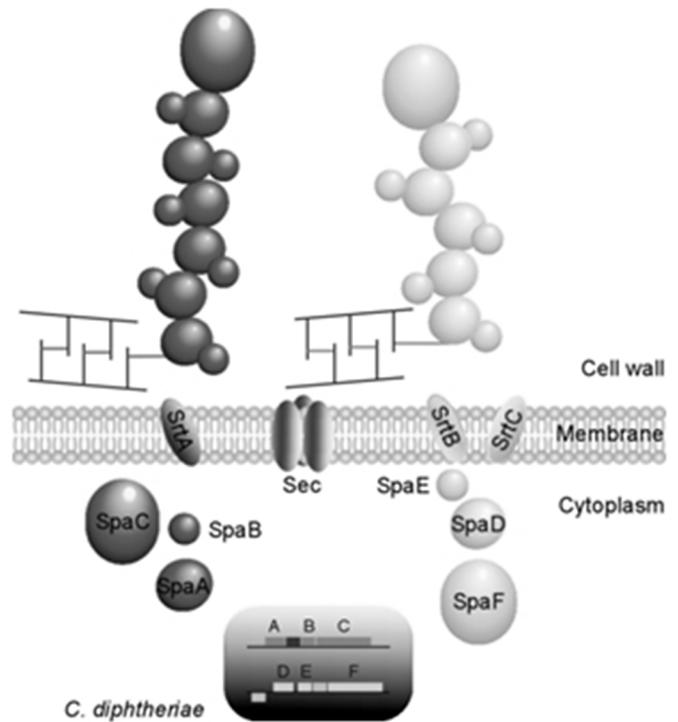


Рис. 2. Структура двух кластеров пилей *Corynebacterium diphtheriae* (Gaspar A. H. et al., 2006)

Установлено, что пили *Corynebacterium diphtheriae* опосредуют адгезию к определенным тканям хозяина: пили типа SpaA опосредуют адгезию коринебактерий к эпителиальным клеткам глотки, тогда как пили SpaD и SpaH проявляют специфичность в отношении связывания с эпителиальными клетками легких и гортани [10,11,12].

По литературным данным, кроме дифтерийных коринебактерий гены пилей были обнаружены у различных видов недифтерийных коринебактерий: *C. accolens*, *C. amycolatum*, *C. aurimucosum*, *C. glucuronolyticum*, *C. jeikeium*, *C. pseudogenitalium*, *C. striatum*, *C. tuberculostearicum* и *C. urealyticum* [7].

Кластеризация генов, отвечающих за синтез пилей адгезии, может быть результатом горизонтального переноса генов, что способствует приобретению различными видами коринебактерий способности взаимодействовать с несколькими рецепторами клеток-хозяев и приобретать в процессе эволюции селективные свойства, позволяющие занимать новые экологические ниши, в том числе поражать организм человека [7,10,11,12].

В настоящее время различные виды *Corynebacterium non diphtheriae* вызывают множественные инфекционные осложнения и обладают устойчивостью к большому арсеналу противомикробных препаратов [1,2,3,4,5,13]. Очевидно, что приобретение ими факторов патогенности и вирулентности является ключевым моментом

в усилении их патогенного потенциала. Анализ распространенности в структуре штаммов недифтерийных коринебактерий белков-пилинов позволяет оценить адгезивные способности коринебактерий.

В этой связи, с помощью алгоритм поиска blastp были исследованы аминокислотные последовательности SpaA, SpaD и SpaH референсного штамма *Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129, ответственные за бактериальную адгезию, на присутствие данных гомологичных последовательностей у других видов коринебактерий.

Было установлено, что аминокислотная последовательность белка SpaA (*Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129 (WP_010935504.1) гомологична 100 различным образцам *Corynebacterium diphtheriae* (процент идентичности от 100 до 87,05 %), представленных в молекулярно-генетической базе GenBank. Обнаружение SpaA в большом проценте идентичности только у дифтерийных коринебактерий может быть связано с его функциональным назначением, а именно, адгезия на эпителиальных клетках глотки (первого этапа инфекционного процесса при дифтерии).

Еще одним белком, отвечающим за продукцию пилей является SpaD (*Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129 (WP_010934132.1). В ходе исследования установлено, что среди 100 образцов данный белок имели следующие представленные ниже коринебактерии. Процент идентичности составлял:

- *C. diphtheriae* (100–82,49 %),
- *C. striatum* (83,1–75,86 %),
- *C. amycolatum* (78,62–77,08 %),
- *C. tuberculostearicum* (76,53–73,99 %),
- *C. intestinale* (76,37–76,17 %),
- *C. guaraldiae* (75,97–75,31 %),
- *C. minutissimum* (75,71 %),
- *C. aurimucosum* (75,51–74,06 %),
- *C. marquesiae* (75,51 %),
- *C. pseudogenitalium* (74,19 %),
- *C. simulans* (73,4 %).

Белок SpaH (*Corynebacterium diphtheriae* NCTC 13129 (WP_010935680.1) был гомологичен:

- *C. diphtheriae* (100–42,99 % идентичности),
- *C. simulans* (90,65 %),
- *C. striatum* (69,50 %),
- *C. aurimucosum* (70,81 %),
- *C. phoceense* (62,59–60,52 %),
- *C. kutscheri* (54,51–47,49 %).

Гомология аминокислотной последовательности и анализ BLASTP показали, что стержневой белок SpaA являлся более консервативным и присутствовал в структуре штаммов *Corynebacterium diphtheriae*, в то время как белки пилей типа SpaD и SpaH являлись высоко гетеро-

генными среди представленных в молекулярно-генетической базе GenBank штаммов коринебактерий.

В ходе проведенного анализа выявлено, что белки адгезии SpaD и SpaH кроме возбудителя дифтерии были обнаружены у *C. aurimucosum*, *C. simulans*, *C. striatum*.

C. aurimucosum выделяются в основном из урогенитального тракта женщин при соответствующих воспалительных процессах [4].

C. simulans способны вызывать гнойно-воспалительные заболевания различной локализации: абсцессы, фурункулы, пиемию [4].

C. striatum выделяются из носоглотки человека, часто являются нормальными обитателями кожи. Способны колонизировать протезы, катетеры, дыхательные трубки, питательные зонды. Были выделены из урогенитального материала от женщин с преждевременным разрывом околоплодного пузыря, от больных с эндокардитами и бактериемией. Кроме того, могут поражать не только человека, но и животных, вызывая маститы у коров [3,4].

Стоит отметить, что наиболее распространенным белком среди различных видов недифтерийных коринебактерий явился SpaD, который был представлен у десяти видов *Corynebacterium non diphtheriae*, имеющих различное значение в инфекционной патологии человека.

Заключение

На сегодняшний день все больше сведений о способности коринебактерий играть ведущую роль в заболеваниях респираторного и урогенитального трактов, госпитальных, гнойно-воспалительных инфекциях. Это обусловлено присутствием в структуре бактериальной клетки различных факторов патогенности и вирулентности, в том числе пилей адгезии.

Гены spaD и spaH, обнаруженные в геноме некоторых видов недифтерийных коринебактерий, ответственные за синтез белков SpaD и SpaH, обуславливающих адгезию бактерий к эпителиальным клеткам, способствуют колонизации различных тканей макроорганизма.

Адгезивную способность недифтерийных коринебактерий можно расценивать как важный фактор патогенности, так как известно, что адгезия позволяет штаммам бактерий не только выживать в микробиоценозах, но и проявлять свои патогенные, а нередко и вирулентные свойства, существовать в биопленках, защищающих бактерии от воздействия антибактериальных препаратов [5,13]. Вместе с тем, являясь представителями нормальной микробиоты человека, недифтерийные коринебак-

терии могут конкурировать за места адгезии с патогенными микроорганизмами, что обуславливает важную роль в поддержании и сохранении эубиоза [5].

Изучение распространенности и структуры факторов адгезии коринебактерий играет существенную роль

в понимании механизмов прикрепления микроорганизмов к различным тканям, что способствует разработке более эффективных лечебно-профилактических препаратов, предотвращающих адгезию бактериальных патогенов на клетках-мишенях макроорганизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ramos J.N. et al. Genome sequence of a multidrug-resistant *Corynebacterium striatum* isolated from bloodstream infection from a nosocomial outbreak in Rio de Janeiro, Brazil // Mem. Inst. Oswaldo Cruz. — 2018. — V. 113. — № 9. — P. 1–5.
2. Fernandez L.V., Fortuny A.S., Rodriguez E.F. *Corynebacterium pyruviciproducens* and *Corynebacterium amycolatum* mastitis in immunocompetent no breastfeeding women // Revista Argentina de Microbiología. — 2021. — V. 53. — № 11. — P. 39–42.
3. Мантуров Э.О. *Corynebacterium* spp. — проблемные патогенны респираторного тракта человека (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика — 2021. — №66(8). — С. 502–507.
4. Краева Л.А. Микробиологическая характеристика клинически значимых бактерий рода *Corynebacterium* // Сибирский медицинский журнал — 2011. — №1. — С.5–10.
5. Гладышева И.В., Черкасов С.В. Коринебактерии вагинального микробиома — потенциальные патогенны или перспективные пробиотики? // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2019. — №3. — С.1–20.
6. Jesus H.N.R. et al. Pan-genomic analysis of *Corynebacterium amycolatum* gives insights into molecular mechanisms underpinning the transition to a pathogenic phenotype // Front. Microbiol. — 2022. — V. 13, — P. 1–11.
7. Харсеева Г.Г., Воронина Н.А. Факторы патогенности *Corynebacterium non diphtheriae* // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2016. — №3. — С. 97–104.
8. Wen J. et al. Antibiofilm effects of extracellular matrix degradative agents on the biofilm of different strains of multi-drug resistant *Corynebacterium striatum*. // Journal of Clinical Microbiology. — 2022. — V. 21. — № 1. — P. 160–163.
9. Харсеева Г.Г., Воронина Н.А. Коринебактерии: особенности структуры бактериальной клетки // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2017. — №1. — С. 107–114.
10. Харсеева Г.Г., Алиева А.А. Адгезия *Corynebacterium diphtheriae*: роль поверхностных структур и механизм формирования // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2014. — №4. — С.109–117.
11. Ton-That H., Schneewind O. Assembly of pili on the surface of *Corynebacterium diphtheria* // Molecular Microbiology. — 2003. — V. 50. — № 3. — P. 1429–1438.
12. Gaspar A.H., Ton-That H. Assembly of Distinct Pilus Structures on the Surface of *Corynebacterium diphtheria* // J. Bacteriol. — 2006. — V. 188. — № 4. — P. 1526–1533.
13. Neemuchwala A. et al. In Vitro Antibiotic Susceptibility Pattern of Non-diphtheriae *Corynebacterium* Isolates in Ontario, Canada, from 2011 to 2016 // Antimicrob Agents Chemother — 2018. — V. 62. — № 4. — P. 1–9.

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ФИТОКОМПОНЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НЕКОТОРЫХ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ АЗЕРБАЙДЖАНА

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF PHYTOCOMPONENTS OBTAINED FROM SOME ESSENTIAL OIL PLANTS IN AZERBAIJAN FLORA

**P. Muradov
M. Mamedova
G. Ismayilova
S. Mahmudova**

Summary. The conducted studies have shown that various agents (water and alcohol extracts, essential oils) obtained from 10 plant species of the Azerbaijani flora affect the growth of 12 fungal species characterized as toxigenic, allergenic and opportunistic, and in all cases this effect is accompanied by a decrease in their growth. The degree of this effect may vary depending on the plants used, the test cultures and the form of preparation of the biological agent. Thus, under the influence of WE plants, the growth of all fungi can decrease by 40–61 %, under the influence of SE — by 44–68 %, and under the influence of EO — by 95.4–100 %. This allows us to consider the plants under study as sources for obtaining targeted biological preparations to limit the harmful activity of fungi.

Keywords: essential oil plants, water and alcohol extract, essential oil, mushrooms, antifungal activity.

Мурадов Панах Зульфигар

Д.б.н., профессор, член-корреспондент НАНА,
генеральный директор, Институт Микробиологии
Министерства Науки и Образования
Азербайджанской Республики
trpanah@mail.ru

Мамедова Мехрибан Юсиф

Преподаватель, Сумгаитский Государственный
Университет, Азербайджанская Республика, г. Баку
mehribanmemmedova1984@gmail.com

Исмайлова Гюнай Эльман

Доктор философии по биологии, заведующая
лаборатории, Институт Нефтехимических
Процессов им. Ю. Маммедалиева Министерства Науки
и Образования Азербайджанской Республики
guyan.ismayilova.2022@mail.ru

Махмудова Севиндж Ильгар

Доктор философии по биологии, преподаватель,
Гянджинский Государственный Университет,
Азербайджанская Республика, г. Гянджа
mahmudova_sevinc@inbox.ru

Аннотация. Проведенные исследования показали, что различные средства (водные и спиртовые экстракты, эфирные масла), полученные из 10 видов растений флоры Азербайджана, влияют на рост 12 видов грибов, характеризующихся как токсигенные, аллергенные и условно-патогенные, и во всех случаях это влияние сопровождается снижением их роста. Степень такого эффекта может варьироваться в зависимости от используемых растений, тест-культур и формы получения биологического средства. Так, под влиянием ВЭ растений рост всех грибов может снижаться на 40–61 %, под влиянием СЭ — на 44–68 %, а под влиянием ЭМ — на 95,4–100 %. Это позволяет рассматривать исследуемые растения как источники получения целевых биопрепаратов для ограничения вредоносной деятельности грибов.

Ключевые слова: эфиромасличные растения, водный и спиртовой экстракт, эфирное масло, грибы, антифунгальная активность.

Введение

Одной из привлекающих внимание особенностей современной эпохи является усиление антропогенного воздействия на окружающую среду и, как следствие увеличение нежелательных явлений, таких как болезни, пищевые отравления, детская смертность и т.д., и даже возникновение заболеваний, вызывающих пандемии [13]. Во всем этом необходимой задачей как теоретиков, так и практиков является принятие мер, направленных на предотвращение подобных проблем и исследование причин их возникновения.

На фоне указанных проблем растения имеют большое значение в плане укрепления иммунитета людей и получения препаратов с более эффективным действием, и не случайно расширяется как объем производства, так и ассортимент получаемых из растений препаратов, имеющих эффективность в отношении различного рода заболеваний. В настоящее время около 80% населения земного шара [16] используют препараты растительного происхождения с той или иной степенью фармакологической активности.

В связи с этим к группе растений, находящихся в центре внимания, относятся эфиромасличные растения,

которых в настоящее время в мировой флоре насчитывается около 3000 видов, но только около 200 видов используются для производственных целей в промышленных масштабах. Эфиромасличные растения отличаются разнообразием как жизненных форм (деревья, кустарники и травы), так и продолжительности жизни (однолетние, многолетние) и распространены преимущественно в тропических и субтропических районах [6, 15]. Азербайджанская Республика, занимающая небольшую территорию, обладает флорой, в состав которой входит также группа эфиромасличных растений, причем общее число их видов составляет около 800 [12], включая виды, официальная регистрация которых в мировой фармакопее подтверждается литературными данными.

Хотя история практического использования эфиромасличных растений восходит к древним временам [11], история исследования их антимикробной активности, проводимых в разных странах мира, в том числе и в Азербайджанской Республике, охватывает недавнее прошлое. Обобщая результаты, полученные в этих исследованиях, можно отметить, что лекарственные, в том числе эфиромасличные растения, содержат фитоконпоненты с различным эффектом, а их применение отличается от других длительным эффектом, отсутствием или редкому возникновению побочных эффектов, аллергических реакций [1-3]. Несмотря на это, количество изучаемых в настоящее время в этом направлении растений недостаточно, у ряда изученных растений выявлена только антимикробная активность, уровень и характер которой до конца не выяснен, а вопросы влияния взаимосвязей с другими живыми организмами на антимикробную активность самих растений исследованы не на достаточном уровне.

Поэтому целью представленной работы явилась оценка антифунгальной активности составных элементов некоторых эфиромасличных растений флоры Азербайджана.

Материалы и методы

Для отбора проб с целью получения фитоконпонентов была выбрана территория Апшеронского полуострова Азербайджанской Республики. Такой выбор обусловлен тем, что в ряде проведенных исследований противогрибковая активность биопрепаратов одних и тех же видов растений, выращенных в разных условиях среды, характеризуется относительно более высокими показателями у выращенных на Апшероне. С другой стороны, Апшерон — один из самых засушливых районов Кавказа, общей площадью 5,42 тыс. км², протяженностью 124 км с севера на юг и 93 км с запада на восток. По сравнению с другими регионами страны флора и фауна Апшерона относительно скудны, здесь встречаются 22 % видов растений страны [4]. Тем не менее Апшерон

является территорией широкого распространения ряда лекарственных растений, в том числе эфиромасличных, таких как верблюжья колючка, солодка, мята, тысячелистник, тмин, оливы и др.

Образцы были взяты в основном из надземных частей таких растений, как *Apium graveolens*, *Artemisia absinthium*, *Artemisia vulgaris*, *Cuminum cuminum*, *Foeniculum vulgare*, *Laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Olea europaea*, *Rozmarinus officinalis* и *Salvia officinalis*, высушивались при обычных условиях и анализировались в соответствии с целью работы. Из растений были получены следующие фитоконпоненты, для получения которых применялись различные методы [10, 14].

1. Водный экстракт (ВЭ). Для этого высушенную биомассу конкретного растения из расчета 1 г на 9 мл дистиллированной воды выдерживают при температуре 40°C в течение 2 часов, по истечении этого срока проводится процеживание и используется полученный раствор.

2. Спиртовой экстракт (СЭ). Для этого высушенную биомассу конкретного растения выдерживают в закрытой емкости из расчета 1 г на 9 мл 1 %-ного спирта в течение 2 часов при температуре 40°C, перемешивая каждые 30 минут, а по истечении этого срока проводится процеживание и используется полученный раствор.

3. Эфирное масло (ЭМ). Это биосредство получают методом гидродистилляции.

Антифунгальную активность указанных средств проверяли на указанных ниже тест-культурах, характеризующихся как токсигенные, аллергические и оппортунистические грибы: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. nidulans*, *A.niger*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarium*, *Fusarium moniliforme*, *F.oxysporum*, *Penicillium chrysogenum*, *P.cuclopium*, *Trichoderma viride* и *Verticillium album*. Грибы были предоставлены лабораторией микробиологической биотехнологии Института Микробиологии МНО АР.

Антифунгальную активность оценивали [7-9] по влиянию на рост (выход биомассы) грибов в жидкой среде Чапека.

Для получения количественных результатов эксперименты проводили не менее чем в 4-х повторностях и полученные результаты подвергали статистической обработке [5].

Полученные результаты и их обсуждение

Проведенные исследования по влиянию всех полученных из растений средств, в первую очередь ВЭ, СЭ и ЭМ, на рост грибов, используемых в качестве тест-

культур, показали, что во всех случаях препараты растительного происхождения влияют на рост тест-культур, причем характер этого эффекта во всех случаях отрицательный, а формирование количественного показателя отрицательного эффекта зависит от используемых растений, тест-культур и источника получения биосредства. Так, под влиянием полученного из растений ВЭ рост всех грибов колеблется, точнее, снижается в пределах 40–61 % (табл. 1). При этом максимальный показатель снижения наблюдается среди растений у *Salvia officinalis*, а в отношении грибов — у *Cladosporium herbarum*.

Не принимая во внимание некоторые количественные различия, аналогичное мнение можно высказать и о компонентах, содержащихся в спиртовом экстракте изучаемых растений (табл. 2). Так, во всех случаях количественный показатель противогрибковой активности спиртового экстракта выше, чем водного, снижение в этом случае колеблется в пределах 44–68 %, что в 1,1–1,7 раза выше по сравнению с водой. С другой стороны, в этом случае активность экстракта, полученного не только из шалфея, но и из мяты, была наибольшей, а наиболее чувствительными оказались такие грибы, как *Botrytys cinerea* и *Cladosporium herbarum*. На наш взгляд, причина заключается в том, что спирт является более сильным растворителем, чем вода. Эфирное масло, выделенное из растений, проявляло более высокую противогрибковую активность, чем экстрагированные водой, либо спиртом части, причем в ряде случаев это имело

характер фунгицидного действия, то есть в некоторых вариантах добавление ЭМ в среду вызывало полное прекращение роста ряда грибов (табл. 3). Как видно, добавление в среду 0,1 мл (т.е. 0,01 %) ЭМ шалфея приводило к полной остановке роста всех грибов, в то время как добавление ЭМ мяты и полыни обыкновенной и горькой приводило к полной остановке роста только некоторых грибов. В целом снижение роста грибов под влиянием ЭМ колеблется в пределах 95,4–100 %.

Таким образом, полученные из растений, выбранных в качестве источника фитокомпонентов с противогрибковой активностью ВЭ, СпЭ и ЭМ оказывают действие на выбранные в качестве тест-культур грибы, количественные показатели этого эффекта в зависимости от указанных выше причин различны, а полученные результаты дали возможность отметить увеличение антифунгальной активности. Точнее, наименьшая антифунгальная активность наблюдается при использовании ВЭ, а наибольшая — при использовании ЭМ.

ВЭ → СпЭ → ЭМ

Таким образом, все средства, полученные из 10 видов растений флоры Азербайджана (ВЭ, СпЭ и ЭМ), оказывают тормозящее действие на рост всех используемых в качестве тест-культур 12 видов грибов, причем уровень этого эффекта может варьироваться в зависимости от используемого растения, тест-культуры и формы

Таблица 1.

Общие данные влияния полученного из растений ВЭ на рост используемых в качестве тест-культур грибов (количество образуемой относительно контроля биомассы, в %)

№	Вид растения	<i>Apium graveolens</i>	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Cuminum cuminumidani</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Mentha piperita</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Rozmarin officinalis</i>	<i>Salvia officinalis</i>
1	<i>Alternaria alternata</i>	60	42	52	60	53	54	47	58	51	44
2	<i>Aspergillus flavus</i>	56	45	56	57	54	53	45	53	53	45
3	<i>A.nidulans</i>	53	41	53	59	50	56	42	57	56	41
4	<i>A.niger</i>	54	50	54	57	51	54	43	55	55	40
5	<i>Botrytys cinerea</i>	52	48	56	54	49	51	41	52	51	40
6	<i>Cladosporium herbarum</i>	50	43	51	53	48	50	40	50	49	39
7	<i>Fusarium moniliforme</i>	51	44	52	54	52	52	46	54	54	43
8	<i>F.oxysporum</i>	52	43	50	56	53	55	42	51	56	41
9	<i>Penicillium chrysogenum</i>	57	49	55	58	55	58	49	58	59	45
10	<i>P.cyclopium</i>	55	46	54	53	54	56	46	53	57	43
11	<i>Trichoderma viride</i>	60	54	57	53	58	52	56	60	55	59
12	<i>Verticillium album</i>	53	50	55	56	55	51	49	51	50	48
Контроль		100									

Таблица 2.

Общие данные влияния полученного из растений СпЭ на рост используемых в качестве тест-культур грибов (относительно контроля, в %)

№	Вид растения	<i>Apium graveolens</i>	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Cuminum cuminum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Mentha piperita</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Rozmarin officinalis</i>	<i>Salvia officinalis</i>
1	<i>Alternaria alternata</i>	56	41	45	53	47	49	39	50	44	38
2	<i>Aspergillus flavus</i>	50	40	51	50	49	45	39	53	45	39
3	<i>A.nidulans</i>	47	41	50	51	44	49	37	43	48	34
4	<i>A.niger</i>	51	42	45	50	42	48	38	47	48	35
5	<i>Botrytys cinerea</i>	39	38	41	43	40	42	34	41	42	34
6	<i>Cladosporium herbarum</i>	41	35	40	43	40	41	32	41	40	32
7	<i>Fusarium moniliforme</i>	42	36	43	44	43	45	34	47	48	38
8	<i>F.oxysporum</i>	44	36	41	47	45	46	35	46	50	35
9	<i>Penicillium chrysogenum</i>	50	41	45	48	46	49	39	49	50	37
10	<i>P.cyclopium</i>	47	40	47	45	46	47	39	45	48	35
11	<i>Trichoderma viride</i>	54	50	51	45	50	43	48	53	50	52
12	<i>Verticillium album</i>	45	44	45	50	49	43	41	45	44	41

Таблица 3.

Общие данные влияния полученного из растений ЭМ на рост используемых в качестве тест-культур грибов (относительно контроля, в %).

№	Вид растения	<i>Apium graveolens</i>	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Cuminum cuminum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Mentha piperita</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Rozmarin officinalis</i>	<i>Salvia officinalis</i>
1	<i>Alternaria alternata</i>	4,5	1,5	1,3	4,2	3,8	3,7	1,4	3,4	3,3	0
2	<i>Aspergillus flavus</i>	4,6	2,4	2,5	3,9	4,0	4,1	2,3	5,5	5,0	0
3	<i>A.nidulans</i>	3,7	3,0	3,3	4,2	3,6	3,9	2,3	3,3	3,7	0
4	<i>A.niger</i>	4,4	3,0	3,2	3,9	3,5	3,8	2,9	3,6	3,7	0
5	<i>Botrytys cinerea</i>	3,1	0	1,6	1,5	3,0	3,1	1,2	3,0	2,8	0
6	<i>Cladosporium herbarum</i>	2,7	0	0	4,7	3,0	3,4	0	3,4	2,8	0
7	<i>Fusarium moniliforme</i>	3,2	2,0	1,8	4,1	3,3	4,2	3,7	3,5	3,5	0
8	<i>F.oxysporum</i>	3,4	2,3	2,7	3,1	4,0	3,6	1,7	3,2	3,2	0
9	<i>Penicillium chrysogenum</i>	3,1	2,2	2,3	2,8	3,5	3,8	1,5	3,8	2,9	0
10	<i>P.cyclopium</i>	3,8	2,5	2,5	3,9	3,2	4,1	1,7	3,1	3,5	0
11	<i>Trichoderma viride</i>	4,5	4,6	3,1	3,3	5,5	4,1	3,4	5,3	5,5	0
12	<i>Verticillium album</i>	3,2	1,4	1,7	1,5	3,0	3,1	1,2	3,0	2,8	0

получения биологического средства. Так, в отношении экстрактов растений рост всех грибов под влиянием ВЭ может быть снижен на 40-61%, под влиянием СпЭ — на 44–68%, а под влиянием ЭМ — на 95,4–100%. Это свидетельствует о том, что среди изученных растений

присутствуют виды, перспективные для ограничения активности токсигенных, аллергенных и условно-патогенных (оппортунистических) грибов, и их использование для получения целевых биопрепаратов будет более целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахшалиева К.Ф. Влияние водных экстрактов некоторых лекарственных растений на рост токсигенных грибов. // Академический журнал Западный Сибирь, 2016, т 12, №3(64), с. 53–55.
2. Бахшалиева К.Ф., Исмаилова Г.Э., Сафарова А.Ш. и др. Влияние материалов, полученных из некоторых эфиромасличных растений на рост токсигенных грибов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки., 2020, №02, с. 19-23.
3. Бахшалиева К.Ф., Сафарова А.Ш., Намазов Н.Р. и др. Фунгицидные свойства некоторых растений флоры Азербайджана // Успехи медицинской микологии, 2018, т. XVIII, с. 91–94.
4. Гаджиев В.Ч., Мусаев Ш.Х., Акбарова З.И., Ибадуллаева С.Ч. О биоразнообразии высших растений флоры Азербайджана. // Научные труды Института ботаники НАНА, 2004, т. XXV, с. 88–93.
5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 816 с.
6. Кузьменко, И.Н. Колясникова Н.Л. Лекарственные и ядовитые растения: учебное пособие. — Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ». — 2019, — 104 с.
7. Методы экспериментальной микологии/Под. ред. Билай В.И. Киев: Наукова думка, 1982, 500с.
8. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии. — М.: Издательский центр «Академия», 2005, 608с.
9. Пименова М.Н., Гречушкина Н.Н., Азова Л.Г. и др. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. / — М.: Изд. МГУ. —1995. —224 с.
10. Фархутдинов Р.Г., Кудашкина Н., Зайнуллин Р.А. Основы фитохимического анализа: учебное пособие. -Уфа:РИЦ БашГУ, 2016, 288 с.
11. Ali, B., Al-Wabel, N.A., Shams S. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review//Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine, 2015, v.8(5), p.601–611.
12. Ganbarov, Kh.G. Mammadova, R.M., Agayeva, S.A., Hosseinecat, S.S. Antimicrobial Activity of Essential Oils of Aromatic Plants //International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2016, v. 5, iss. 11, p.19775–19780
13. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. Front Public Health. 2020 Feb 20;8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014
14. Miladinovic, D.L. Ilic, B.S. Mihajilov-Krstev T.M. et al. Investigation of the chemical composition-antibacterial activity relationship of essential oils by chemometric methods// Anal Bioanal Chem, 2012, v.403(4), p.1007–1018
15. Mohamed, A.A., Alotaibi, B.M. Essential oils of some medicinal plants and their biological activities: a mini review. J.Umm Al-Qura Univ. Appl. Sci. 9, 40–49 (2023)
16. Tugume, P., Nyakoojo, C. Ethno-pharmacological survey of herbal remedies used in the treatment of paediatric diseases in Buhunga parish, Rukungiri District, Uganda. BMC Complement Altern Med 19, 353 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2763-6>

© Мурадов Панах Зульфигар (mpanah@mail.ru); Мамедова Мехрибан Юсиф (mehribanmemmedova1984@gmail.com);
Исмаилова Гюнай Эльман (gynay.ismayilova.2022@mail.ru); Махмудова Севиндж Ильгар (mahmudova_sevinc@inbox.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АКТУАЛЬНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ И РАКА

RELEVANCE OF THE INTERACTION OF BACTERIAL INFECTION AND CANCER

M. Chertkoeva
A. Gasarova
M. Munaeva
K. Kerimov
A. Aliyeva
M. Usmanova

Summary. Bacterial infections are often found in the etiology of human diseases due to the ubiquity of bacteria. Such infections contribute to the development of periodontal disease, bacterial pneumonia, typhoid fever, acute gastroenteritis, and diarrhea in susceptible hosts. These diseases can be managed with antibiotics/antimicrobial therapy in some hosts. However, other hosts may not be able to eliminate the bacteria, allowing them to persist for long periods of time and greatly increase the host's risk of developing cancer over time. Indeed, infectious pathogens are modifiable risk factors for cancer, and in this comprehensive review, we highlight the complex relationship between bacterial infections and the development of several types of cancer. Here, we describe how bacterial surface fragments, bacterial protein toxins, and bacterial effector proteins can induce host cell DNA damage and thus can interfere with important host cell signaling pathways involved in cell proliferation, apoptosis, differentiation, and immune signal transmission.

Keywords: bacteria, cancer, fragments, antibiotics, infectious pathogens.

Введение

Рак остается основной причиной заболеваемости и смертности во всем мире. Рак возникает в результате ряда генетических и эпигенетических изменений, которые нарушают регулярный рост, контроль

Черткоева Майя Гивиевна
Доцент, кандидат медицинских наук ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»

Минздрава России
dosticmai@yandex.ru

Гасарова Аминат Руслановна
Врач-терапевт участковый, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Кантышевская участковая больница»

gasarov@yandex.ru

Мунаева Мата Рамзановна
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»
Maxi56@mail.ru

Керимов Казбек Олегович
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская медицинская академия»
Минздрава России
kazbek.kerimov.2000@mail.ru

Алиева Айтадж Рафиг кызы
МГМСУ им.А.И.Евдокимова
aytac28.01@mail.ru

Усманова Марьям Лом-Алиевна
Астраханский государственный медицинский университет
usmanova2205@icloud.com

Аннотация. Бактериальные инфекции часто встречаются в этиологии заболеваний человека из-за повсеместного распространения бактерий. Такие инфекции способствуют развитию заболеваний пародонта, бактериальной пневмонии, брюшного тифа, острого гастроэнтерита и диареи у восприимчивых хозяев. Эти заболевания могут быть устранены с помощью антибиотиков/противомикробной терапии у некоторых хозяев. Однако другие хозяева могут быть не в состоянии устранить бактерии, что позволяет им сохраняться в течение длительного времени и значительно увеличивает риск развития рака у носителя с течением времени. Действительно, инфекционные патогены являются модифицируемыми факторами риска рака, и в этом всестороннем обзоре мы подчеркиваем сложную взаимосвязь между бактериальными инфекциями и развитием нескольких типов рака. Здесь мы описываем, как фрагменты бактериальной поверхности, бактериальные белковые токсины и бактериальные эффекторные белки могут индуцировать ДНК клетки-хозяина и, таким образом, могут вмешиваться в важные пути передачи сигналов клетки-хозяина, участвующие в клеточной пролиферации, апоптозе, дифференцировке и иммунной передаче сигналов.

Ключевые слова: бактерии, рак, фрагменты, антибиотики, инфекционные патогены.

и выживание клеток. Это результат обширной и неконтролируемой пролиферации клеток. Эти клетки гетерогенны и постоянно эволюционируют, уклоняясь от иммунных ответов, развивая лекарственную устойчивость и рецидивы. Адекватное понимание биологических компонентов, провоцирующих прогрессирование рака,

может снизить смертность. Обширные усилия исследователей пришли к выводу, что внутренние факторы риска вызывают только 10–30 % случаев рака. Внешние факторы риска являются важными факторами прогрессирования рака [1].

Инфекционные патогены, такие как бактерии и вирусы, являются модифицируемыми причинами рака, на которые приходится 20 % всех опухолей человека. Патогены, связанные с раком, могут проявлять механизмы, которые включают персистентную инфекцию, уклонение от иммунного ответа, хроническое воспаление, ведущее к продолжению пролиферации клеток, и повышенный риск онкогенной трансформации даже у иммунокомпетентных людей. Тело человека является домом для многих микробов, образующих сложные экологические среды обитания и влияющих на физиологию здоровья и болезней человека, совокупность которых можно охарактеризовать как микробиом человека. Наиболее эффективным способом описания микробиома человека является сложная совокупность микроорганизмов, обнаруженных в различных частях тела, включая кожу, ротовую полость и слюну, дыхательную систему, репродуктивный тракт и желудочно-кишечный тракт. Эти микроорганизмы включают бактерии, эукариоты, археи, грибы и вирусы. Поскольку популяция бактерий в микробиоме значительно превышает численность других микроорганизмов, исследователи иногда просто называют микробиом бактериями [2].

Учитывая внутреннюю связь между людьми и бактериями, необходимо выделить конкретные бактериальные патогены, ответственные за заболеваемость раком, смертность и резистентность к лечению, чтобы помочь определить новые терапевтические подходы. Еще более убедительным доказательством связи между вирусными инфекциями и раком стали эксперименты, показавшие, что вирусы используют нишу клетки-хозяина для своего инфекционного цикла и в результате стимулируют гены, индуцирующие рост млекопитающих, оставляя клетки в раковом состоянии неконтролируемого клеточного деления. В настоящее время известно, как такие вирусы, как вирус гепатита В и вирус папилломы человека типов 5 и 8, вызывают клеточную трансформацию, индуцируя генетическую нестабильность посредством вирусной интеграции и посредством активации большого количества сигнальных путей и клеточных генов, участвующих в онкогенезе, пролиферации, воспалении и иммунные реакции [3].

Комменсальные бактерии колонизируют хозяина вскоре после рождения, образуя сначала небольшое сообщество, которое постепенно трансформируется в диверсифицированную экосистему. Со временем ассоциации хозяин–бактерия перерастают во взаимовыгодные отношения. Кишечник, например, обеспечивает пита-

тельными веществами резидентные бактерии, которые, в свою очередь, способствуют перевариванию пищи, усвоению питательных веществ и метаболизму неперевариваемых субстратов. В этом обзоре мы обсудим, как фрагменты бактериальной поверхности, бактериальные белковые токсины и бактериальные эффекторные белки взаимодействуют с клетками-хозяевами и как такие встречи могут привести к модификации основных сигнальных путей клеток-хозяев, участвующих в формировании рака [4].

Наружная поверхность бактерий непосредственно контактирует с клетками-хозяевами и состоит из сложных структур, включающих различные антигенные фрагменты, которые активируют врожденные и адаптивные иммунные реакции хозяина. Как следствие, патогенные бактерии развили широкий спектр модификаций внешней поверхности, которые обеспечивают ускользание от иммунитета, предоставляя значительные возможности для выживания. Чтобы отменить иммунное распознавание и клиренс, грамотрицательные бактерии покрывают свои сложные макромолекулы внешней поверхности богатой полисахаридами капсулой. Эти капсулы ограничивают активацию комплемента, экранируя более глубокие структуры на мембранах патогенных вариантов *Escherichia coli* (*E. coli*), *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* типа b, *Neisseria meningitidis* и др. и предотвращают поглощение профессиональными фагоцитами. Неинкапсулированные мутанты этих бактерий редко вызывают инвазивную инфекцию и сильно ослаблены в различных моделях инфекции из-за лучшего опсонофагоцитарного клиренса [5].

В дополнение к своим защитным капсулам многие бактериальные патогены модифицировали свои открытые на поверхности молекулы, включая липополисахариды (ЛПС), жгутики и пептидогликаны, чтобы ограничить иммунное распознавание. Например, *H. pylori* имеет поверхностные молекулы LPS, которые содержат «недоацелированные» молекулы липида А, которые являются плохим субстратом для Toll-подобного рецептора хозяина (TLR) 4 и, как таковые, уклоняются от врожденного иммунного восприятия. *Helicobacter pylori* также продуцирует модифицированные молекулы флагеллина, которые не распознаются TLR5, чтобы предотвратить TLR5-опосредованную секрецию интерлейкина (IL)-8 и последующую иммунную передачу сигналов. Сальмонелла тифимуриум (*S. typhimurium*) экспрессирует деацетилазу липида А PagL и пальмитоилтрансферазу липида А PagP для модификации липида А, что приводит к 100-кратному снижению опосредованной липидом А активации TLR4 и активации ядерного фактора- κ B (NF- κ B). Эти примеры иллюстрируют, как бактериальные патогены модифицируют свою внешнюю поверхность, чтобы избежать распознавания иммунной системой [6].

Патогенные бактерии, предпочитающие внутриклеточный образ жизни, экспрессируют поверхностные белки, которые способствуют как прикреплению, так и интернализации клеток-хозяев. Напр., патогенные виды семейства *Neisseria* экспрессируют множество поверхностных адгезинов, которые опосредуют селективное взаимодействие с определенными типами клеток, тем самым позволяя использовать специализированные ниши клеток-хозяев. Сходным образом, *fibronectin*-связывающие белки *Staphylococcus aureus* и *Borrelia burgdorferi* опосредуют взаимодействие между бактерией и клеткой-хозяином посредством образования тандемных β -молний, которые стимулируют поглощение бактерий нефагоцитирующими клетками [7].

В целом, поверхностно-опосредованные стратегии нападения направлены на облегчение выживания бактерий внутри хозяина как за счет уклонения от иммунитета, так и за счет вторжения в хозяина. Однако для дальнейшего контроля механизма клетки-хозяина молекулы бактериальной поверхности также манипулируют сигнальными каскадами клетки-хозяина и влияют на целостность клетки-хозяина, что может по совпадению индуцировать клеточные злокачественные новообразования. *CagL* представляет собой адгезин пилуса типа IV *H. pylori*, который обеспечивает прикрепление *H. Pylori* к эпителиальным клеткам желудка, а затем контролирует сигнальный каскад, который индуцирует активацию секреции гастрина. Это приводит к гипергастринемии, основному фактору риска развития аденокарциномы желудка. *CagL* связывает $\beta 5$ -интегрин, манипулируя, таким образом, интегрин-связанными киназными комплексами и нижестоящими путями быстро ускоренной фибросаркомы, митоген-активируемой протеинкиназной киназой и киназой, регулируемой внеклеточным сигналом. Внешний воспалительный белок *A. H. pylori* активирует EGFR (рецептор эпидермального фактора роста) и стимулирует передачу сигналов Akt и β -катенина, фенотип, наблюдаемый при ряде различных видов рака, включая рак желудка [8].

Подавляющее количество доказательств определило, что отношения между определенными бактериями и раком существуют. Задействованные бактериальные механизмы пока неясны. Эти пробелы в знаниях делают невозможным установление точного хода событий, посредством которых определенные бактерии могут вызывать, колонизировать или излечивать рак. Объем этого обзора широк, поэтому представлен широкий спектр отчетов. Будут обсуждаться недавние открытия, обнаружившие связь между определенными бактериальными инфекциями и развитием опухоли, а также генетические факторы, которые могут предрасполагать людей к «канцерогенным» инфекциям. Представлены механизмы, которые, как считается, связаны с канцерогенной, диагностической, профилактической или лечебной ролью бактерий [9–10].

Было показано, что некоторые бактерии могут вызывать хронические инфекции или продуцировать токсины, которые нарушают клеточный цикл, что приводит к изменению роста клеток. Возникающее в результате повреждение ДНК аналогично повреждению, вызванному канцерогенными агентами, поскольку измененные гены контролируют нормальное деление клеток и апоптоз. Процессы, способствующие потере клеточного контроля, могут быть инициаторами опухоли (непосредственно вызывающими мутации) или промоторами (облегчающими мутации). Онкогенез иницируется, когда клетки освобождаются от ограничений роста, более поздняя активация происходит, когда иммунная система уклоняется от участия в дальнейших мутациях и увеличивает потерю клеточного контроля. Поскольку опухоль пролиферирует, требуется повышенное кровоснабжение, что приводит к организации кровеносных сосудов или ангиогенезу. Последующая инвазия происходит, если опухоль разрушает окружающие ткани. Наихудшим исходом является метастазирование, которое возникает, когда клетки отделяются от опухоли и образуют опухоли на отдаленных участках. Иммунная система является важной линией защиты от опухолевого образования злокачественных новообразований, экспрессирующих уникальные антигены. Некоторые бактериальные инфекции могут ускользать от иммунной системы или стимулировать иммунные реакции, которые способствуют канцерогенным изменениям за счет стимулирующего и мутагенного действия цитокинов, высвобождаемых воспалительными клетками. К ним относятся активные формы кислорода (АФК), интерлейкин-8 (ИЛ-8), циклооксигеназа-2 (ЦОГ-2), активные формы кислорода (АФК) и оксид азота. Хроническая стимуляция этих веществ наряду с факторами окружающей среды, такими как курение или восприимчивость хозяина, по-видимому, вносит значительный вклад в канцерогенез [11].

Бактериальные токсины могут убивать клетки или в сниженных количествах изменять клеточные процессы, которые контролируют пролиферацию, апоптоз и дифференцировку. Эти изменения связаны с канцерогенезом и могут либо стимулировать клеточные aberrации, либо ингибировать нормальный клеточный контроль. Ингибиторы клеточного цикла, такие как цитолетальные токсины растяжения и фактор, ингибирующий цикл, блокируют митоз и, как полагают, нарушают иммунную систему, ингибируя клональную экспансию лимфоцитов. Напротив, стимуляторы клеточного цикла, такие как цитотоксический некротизирующий фактор (CNF), способствуют клеточной пролиферации и препятствуют клеточной дифференцировке. Бактериальные токсины, нарушающие цикл эукариотических клеток-хозяев, были классифицированы как цикломодулины. Например, CNF является стимулятором клеточного цикла, высвобождаемым некоторыми бактериями, такими как кишечная палочка [12–13].

Заключение

Рак обычно определяется как неконтролируемый рост аномальных клеток, которые накопили достаточно повреждений ДНК, чтобы освободиться от нормальных ограничений клеточного цикла. Некоторые патогенные бактерии, особенно те, которые могут вызывать персистентную инфекцию, могут способствовать или инициировать аномальный рост клеток, уклоняясь от иммунной системы или подавляя апоптоз. Внутриклеточные патогены выживают, уклоняясь от способности хозяина идентифицировать их как чужеродные. Другие виды или их токсины могут изменять циклы клеток-хозяев или стимулировать выработку воспалительных веществ, связанных с повреждением ДНК. Хотя манипуляции

с клетками-хозяевами, вызванные бактериями, могут способствовать образованию рака, маловероятно, что сами бактериальные патогены получают какую-либо эволюционную выгоду от своего канцерогенного действия. Бактериально-индуцированное образование рака, скорее всего, является неблагоприятным последствием цикла бактериальной инфекции, поскольку рак обычно возникает спустя много времени после того, как бактерия и ее эффекторы покидают хозяина. Более того, манипуляции с бактериальными клетками-хозяевами, участвующие в индукции образования рака, обычно составляют только один шаг в многоступенчатом процессе, необходимом для реальной клеточной трансформации и образования рака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бережной А.Е., Гнучев Н.В., Георгиев Г.П. и др. Молекулярные механизмы взаимодействия опухоли и иммунной системы // Вопросы онкологии. 2008. Т. 54, № 6. С. 669–683.
2. Божок А.А., Семиглазов В.Ф., Семиглазов В.В. и др. Прогностические и предсказательные факторы при раке молочной железы // Вопросы онкологии. 2005. Т. 51, № 4. С. 434–443.
3. Гранов А.М., Молчанов О.Е. Канцерогенез и иммунобиология. Фундаментальные и клинические аспекты // Вопросы онкологии. 2008. Т. 54, № 4. С. 401–409.
4. Кадагидзе З.Г., Черткова А.И., Славина Е.Г. Иммунорегуляторные СЭ25+СЭ4+ Т-клетки // Российский биотерапевтический журнал. 2006. Т. 5, № 2. С. 13–20.
5. Козлов В.А. Гомеостатическая пролиферация лимфоцитов в аспекте иммунопатогенеза различных заболеваний // Иммунология. 2006. № 6. С. 378–382.
6. Корнева Е.А. Введение в иммунофизиологию. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2003. 310с.
7. Курганова Е.В., Тихонова М.А., Ласкавая Е.Г. и др. Регуляторные Т-клетки при доброкачественных и злокачественных опухолях яичников // Иммунология. 2009. № 6. С. 349–355.
8. Wu S, Powers S, Zhu W, Hannun YA (2015) Substantial contribution of extrinsic risk factors to cancer development. *Nature* 529: 43
9. Siegel RL, Jacobs EJ, Newton CC, Feskanich D, Freedman ND, Prentice RL, Jemal A (2015) Deaths due to cigarette smoking for 12 smoking-related cancers in the United States. *JAMA Intern Med* 175: 1574–1576
10. Parkin DM, Mesher D, Sasieni P (2011) 13. Cancers attributable to solar (ultraviolet) radiation exposure in the UK in 2010. *Br J Cancer* 105(Suppl 2): S66–S69
11. Houry JD, Tannir NM, Williams MD, Chen Y, Yao H, Zhang J, Thompson EJ, TCGA Network, Meric-Bernstam F, Medeiros LJ et al (2013) Landscape of DNA virus associations across human malignant cancers: analysis of 3,775 cases using RNA-seq. *J Virol* 87: 8916–8926
12. El-Serag HB (2012) Epidemiology of viral hepatitis and hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology* 142: 1264–1273.
13. Li Y, Kundu P, Seow SW, de Matos CT, Aronsson L, Chin KC, Karre K, Pettersson S, Greicius G (2012) Gut microbiota accelerate tumor growth via c-jun and STAT3 phosphorylation in APCMin/+ mice. *Carcinogenesis* 33: 1231–1238.

© Чертокоева Майя Гивиевна (docmicmai@yandex.ru); Гасарова Аминат Руслановна (gasarov@yandex.ru);
Мунаева Мата Рамзановна (Maxi56@mail.ru); Керимов Казбек Олегович (kazbek.kerimov.2000@mail.ru);
Алиева Айтадж Рафиг кызы (aytac28.01@mail.ru); Усманова Марьям Лом-Алиевна (usmanova2205@icloud.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ Г. УЛАН-УДЭ

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTENT IN SOIL AND PLANTS ON THE TERRITORY OF THE LANDFILL OF SOLID MUNICIPAL WASTES IN ULAN-UDE

O. Chudinova
S. Gulgenov

Summary. The article presents the results of the ecological assessment of the content of heavy metals in soil and plants in the zone of influence of the landfill for solid municipal waste of Ulan-Ude. The study was carried out with samples of soil and *Artemisia scoparia*, taken in 20 points on the border of the landfill site in and sanitary protection zone. Bulk concentrations of Cu, Zn, Pb were within the limits of maximum permissible concentrations and their background values were exceeded 1.1 to 23.25 times. Comparison of concentrations of heavy metals in soil and plants showed that the concentration of heavy metals in plants was many times higher than in soil: for Cu from 12.3 to 15.79 times, for Zn from 16.3 to 141.7 times.

Keywords: landfill of solid municipal waste, heavy metals, soil, plants.

Чудинова Ольга Николаевна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
chudinova1980@inbox.ru

Гулгенов Сергей Жаргалович

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
gulgenov-s@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты экологической оценки содержания тяжелых металлов в почвенном покрове и растениях в зоне влияния полигона для размещения твердых коммунальных отходов г. Улан-Удэ. Исследование проводилось с образцами почвы и *Artemisia scoparia*, отобранными в 20 точках на границе участка захоронения отходов и в санитарно-защитной зоне. Валовое содержание Cu, Zn, Pb находилось в пределах предельно допустимых концентраций, наблюдалось превышений их фоновых значений от 1,1 до 23,25 раз. Сравнение содержания тяжелых металлов в почве и растениях показало, что концентрации тяжелых металлов в растениях во много раз превышают их содержание в почве: по Cu — от 12,3 до 15,79 раз, Zn — от 16,3 до 141,7 раз.

Ключевые слова: полигон твердых коммунальных отходов, тяжелые металлы, почва, растения.

Введение

В связи с растущими темпами урбанизации, увеличением количества транспортных средств и санкционированных и несанкционированных мест захоронения отходов, проблема химического загрязнения тяжелыми металлами является актуальной задачей для большинства населенных пунктов. Оценку их содержания в различных компонентах окружающей среды необходимо проводить для характеристики экологической ситуации в городе и разработки мероприятий по комплексному восстановлению загрязненных территорий [1].

Ежегодно на территории России образуется более 48 млн т твердых коммунальных отходов (ТКО), из которых только 6,5 % утилизируется, остальные отходы размещаются на полигонах ТКО или попадают на несанкционированные свалки [5]. На данный момент на территории страны эксплуатируется около 800 полигонов ТКО. Несмотря на наличие защитных мероприятий на организованных полигонах ТКО, частой проблемой является распространение загрязняющих элементов, в том чис-

ле, тяжелых металлов, на значительные территории, что связано с геологическими, климатогеографическими условиями и особенностями эксплуатации полигона. Для корректной оценки степени загрязненности грунтов тяжелыми металлами необходимо анализировать и растения, произрастающие на исследуемой территории, так как почва и растения являются единой системой. Более того, в случае обнаружения загрязнения в почвогрунтах, определение содержания тяжелых металлов в растениях необходимо еще и потому, что это позволит оценить возможность использования местных дикорастущих растений для биологической очистки почв методом фиторемедиации. При этом дикорастущие растения, в частности рудеральные растения, заслуживают отдельного внимания, так как они обладают повышенной устойчивостью к воздействию неблагоприятных факторов [2].

Цель исследования

Проведение экологической оценки содержания тяжелых металлов в почве и растениях в зоне воздействия полигона для размещения ТКО г. Улан-Удэ.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы почвы и *Artemisia scoraria* на территории полигона ТКО г. Улан-Удэ, расположенного в урочище «Березняк» в Тарбагатайском районе Республики Бурятия. Данный полигон является самым крупным объектом размещения ТКО в республике, его общая площадь составляет 30,2 га. В зоне складирования полигона размещено более 300 тыс. м³ отходов. Территория полигона ТКО находится в 12 км к югу от г. Улан-Удэ. Объект размещения отходов расположен в северных отрогах хребта Цаган-Дабан, между паадьми Медведчиков ключ и Ревушкина. Геологическое строение полигона представлено аллювиально-пролювиальными четвертичными песчаными отложениями. Подземные воды залегают на глубинах более 20 м. Данная территория по почвенному районированию относится к горно-долинной Удино-Хилокской группе округов с дерновыми лесными, каштановыми, черноземными почвами и подбурами. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями: пески, супеси, гравий и галька. Дерново-лесные почвы имеют легкий гранулометрический состав, преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли (0,25–0,05 и 0,05–0,01 мм). Объёмный вес данных почв колеблется в пределах 1,15–1,44 г/см³ [7].

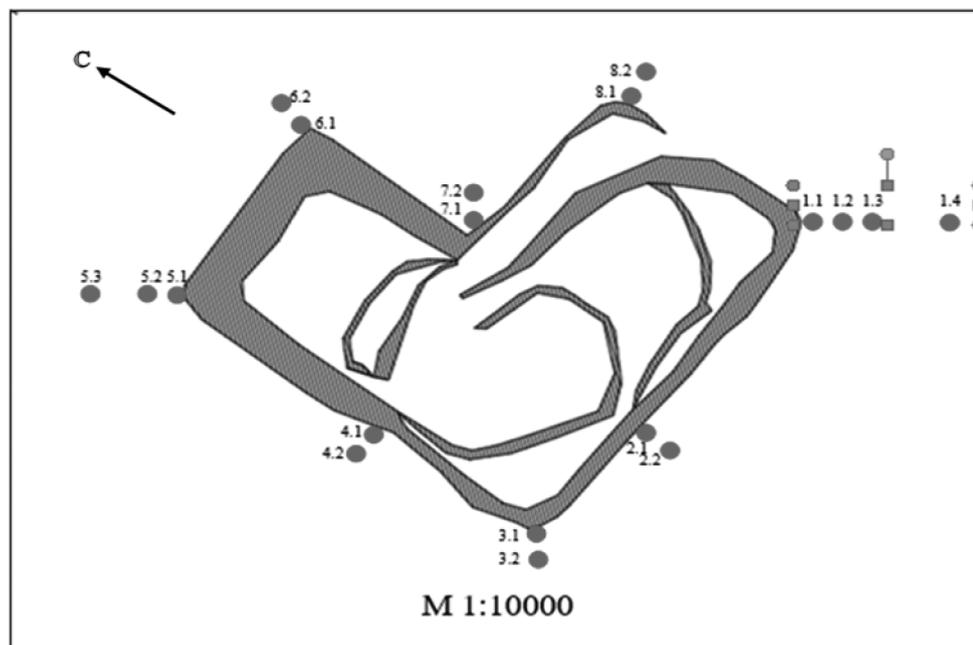
Отбор проб почвы проводился в соответствии с существующими требованиями [3,4] по 8 румбам. По каждому направлению почва и растения отбирались в 2 точках: на границе полигона и на расстоянии 50 м от нее.

Дополнительно пробы отбирались с подветренной стороны в следующих точках: на расстоянии 100, 200, 300 м от границы полигона. В качестве фоновых были отобраны пробы с наветренной стороны на расстоянии 300 м. Точечные пробы отбирались на пробной площадке методом конверта. Для химического анализа объединенные пробы составлялись не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса каждой объединенной пробы — 1–1,2 кг. Все отобранные пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм.

Пробы растений отбирались на тех же участках, что и пробы почвы. Поскольку на некоторых участках отбора почвенных образцов растительность отсутствовала, то пробы *Artemisia scoraria* были отобраны в точках 1.1, 2.1, 5.1, 6.1. Объединенную пробу составляли из точечных проб, взятых из надземной и подземной частей растений [6]. Места отбора проб почвы и растений представлены на рисунке 1.

Количественную оценку содержания в почве тяжелых металлов проводили с применением атомно-абсорбционного метода с плазменной атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре Spectr AA 240 [8].

Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. Кислотная экстракция тяжелых металлов из золы осуществлялась растворением в 20 %-ном растворе HNO₃ с последующим определением методом атомно-абсорбционной спектроскопии [6].



● – Точки отбора проб

1.2, 2.1, 5.1, 6.1 – точки отбора проб растений.

Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб почвы и растений

В образцах почвы и растений определялись такие тяжелые металлы как Zn, Cu, Pb.

Для оценки загрязнения исследуемой территории использовали несколько различных индексов и показателей.

Для оценки загрязнения поверхностного слоя почв конкретным тяжелым металлом рассчитывали индекс геоаккумуляции (Geoaccumulation Index, I_{geo}) [11,12]:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_i}{1,5 \times GB} \right),$$

где C_i — содержание тяжелого металла в почве; GB — фоновое содержание тяжелого металла. По величине индекса геоаккумуляции можно проранжировать состояние почв следующим образом: $I_{geo} < 0$ — незагрязненные; $I_{geo} = 0 \div 1$ — слабая степень загрязнения; $I_{geo} = 1 \div 2$ — умеренная степень загрязнения; $I_{geo} = 2 \div 3$ — достаточно сильная степень загрязнения; $I_{geo} = 3 \div 4$ — сильная степень загрязнения; $I_{geo} = 4 \div 5$ — очень сильная степень загрязнения, $I_{geo} > 5$ — чрезвычайно сильная степень загрязнения.

Для оценки степени комплексного загрязнения почвы ТМ использовали индекс нагрузки загрязнения (Pollution Load Index, PLI) [13]:

$$PLI = \sqrt[n]{PI_1 \times PI_2 \times \dots \times PI_n},$$

где PI — индекс загрязнения (Single Pollution Index, PI) [10], рассчитываемый как отношение содержания тяжелого металла в почве к его фоновому содержанию. При значении $PLI < 1$ почва относится к категории «незагрязненных», при $PLI = 1$ — степень загрязнения незначительная, $PLI > 1$ — почва загрязнена.

Для оценки уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения использовали суммарный показатель загрязнения (Z_c), равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей (K_c), которые представляют собой отношение фактического содержания определяемого вещества в почве к региональному фоновому содержанию данного вещества [9]:

Таблица.

Количественная оценка содержания тяжелых металлов в почвах и растениях

№ пробы	Cu, мг/кг		Zn, мг/кг		Pb, мг/кг	
	Концентрация в почве	Концентрация в <i>Artemisia scoparia</i>	Концентрация в почве	Концентрация в <i>Artemisia scoparia</i>	Концентрация в почве	Концентрация в <i>Artemisia scoparia</i>
фон	0,08±0,02		0,66±0,17		0,21±0,05	
1.1	0,32±0,08	10,39	0,8±0,20	22,89	0,31±0,07	0,61
1.2	0,1±0,025		1,34±0,34		0,26±0,06	
1.3	0,25±0,06		2,53±0,63		0,53±0,13	
1.4	0,09±0,02		0,64±0,16		0,55±0,14	
1.5	0,22±0,06		1,39±0,35		0,62±0,16	
2.1	1,28±0,07	15,79	3,25±0,81	53,12	0,46±0,12	0,71
2.2	1,86±0,47		2,64±0,66		0,35±0,09	
3.1	0,28±0,07		1,05±0,26		0,32±0,08	
3.2	0,09±0,02		1,3±0,33		0,32±0,08	
4.1	0,08±0,02		1,75±0,44		0,47±0,12	
4.2	0,09±0,02		0,94±0,24		0,18±0,04	
5.1	0,12±0,03	9,43	0,6±0,15	12,52	0,59±0,15	0,19
5.2	0,06±0,02		1,08±0,27		0,07±0,02	
6.1	0,25±0,06	9,96	1,19±0,30	26,92	0,37±0,01	0,52
6.2	0,05±0,01		0,77±0,19		0,20±0,05	
7.1	0,22±0,06		0,45±0,11		0,39±0,10	
7.2	0,21±0,05		0,58±0,15		0,23±0,06	
8.1	0,34±0,09		0,55±0,14		0,37±0,09	
8.2	0,33±0,08		4,8±1,20		0,38±0,10	

$$Z_c = \sum_{i=1}^n (K_{ci} + K_{cn}) - (n - 1),$$

где n — число определяемых суммируемых вещества. При $Z_c < 16$ степень химического загрязнения почвы считается допустимой, $Z_c = 16 \div 32$ — умеренно опасная, $Z_c = 32 \div 128$ — опасная, $Z_c > 128$ — чрезвычайно опасная.

Результаты исследования

Результаты анализа валового содержания тяжелых металлов в исследуемых почвах и растениях представлены в таблице.

Анализ результатов исследования показал, что во всех точках по всем тяжелым металлам превышения гигиенических нормативов [9] не выявлено. Однако в 90 % точек наблюдалось превышение фонового значения по Cu, в 74 % — по Zn, в 84,2 % — по Pb.

Анализ индексов геоаккумуляции (I_{geo}) Cu выявил очень сильную степень загрязнения почвы этим тяжелым металлом в точках, расположенных с южной стороны от границы полигона ТКО ($I_{geo} = 3,42-3,95$), в точках на границе полигона наблюдалась умеренная степень загрязнения ($I_{geo} = 1,06-1,5$), в остальных точках — слабая степень загрязнения или почва не загрязнена. Индекс геоаккумуляции Zn показал достаточно сильную степень загрязнения в точке, расположенной в 50 м с восточной стороны полигона ТКО, умеренную степень загрязнения — на границе и в 50 м с южной стороны от границы полигона ТКО. В остальных исследуемых точках почва слабо загрязнена. По Pb расчет индекса геоаккумуляции выявил незагрязненную почву (в 7 точках) и слабую степень загрязнения (в 12 точках).

Анализ рассчитанных индексов нагрузки загрязнения (PLI) показал, что во всех исследуемых точках, кроме двух точек в 50 м от полигона ТКО, почва загрязнена ($PLI = 1,11-5,57$). Отсутствие загрязнения поверхностного слоя почвы в двух точках может быть обусловлено их расположением с наветренной стороны (с северо-западной и северной стороны относительно полигона ТКО).

Оценка уровня химического загрязнения почв по значению суммарного показателя загрязнения (Z_c)

умеренно опасную категорию загрязнения в точках, расположенных с южной стороны от границы полигона ТКО, в остальных исследуемых точках — допустимая категория загрязнения почвенного покрова.

В настоящее время не существует единой оценки допустимых концентраций тяжелых металлов в растениях [2], поэтому в данной работе внимание было уделено сравнительному анализу содержания тяжелых металлов в системе «почва-растение». Сравнение содержания тяжелых металлов в почве и растениях показало, что концентрации тяжелых металлов в растениях во много раз превышают их содержание в почве: было выявлено наличие положительной корреляции между повышенными уровнями концентраций Cu, Zn в почвогрунтах, примыкающих к полигону ТКО, и уровнями соответствующих тяжелых металлов в *Artemisia scoraria*. Превышение концентраций Cu в растениях по сравнению с почвой составило от 12,3 до 15,79 раз, концентраций Zn — от 16,3 до 141,7 раз, что можно объяснить высоким показателем коэффициента биологического поглощения этих тяжелых металлов. Для Pb данная закономерность не обнаружена.

Выводы

1. Проведена оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами вокруг полигона для размещения твердых коммунальных отходов г. Улан-Удэ. Несмотря на то, что содержание всех исследуемых элементов находилось в пределах установленных гигиенических нормативов, наблюдалось превышение их фоновых значений в 1,13–23,25 раз по Cu, в 1,17–7,27 раз по Zn, в 1,1–2,95 раз по Pb. В целом исследуемые почвы характеризовались выраженным комплексным загрязнением тяжелыми металлами.
2. Изучена миграция тяжелых металлов из почвы в произрастающие на них растения на примере *Artemisia scoraria* в некоторых исследуемых точках. Установлена положительная корреляция между уровнями концентраций Cu и Zn в почве и исследуемых растениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдощенко, В.Г. Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв города Петропавловска-Камчатского, Камчатский край / В.Г. Авдощенко, А. В. Климова // Вестник Камчатского государственного технического университета. — 2022. — № 61. — С. 65–81. — DOI 10.17217/2079-0333-2022-61-65-81.
2. Анализ миграции тяжелых металлов в системе «почва-растение» при эколого-геологической оценке окружающей среды вокруг полигона ТКО в г. Тамбов / Н.О. Милутина, Н.Г. Осмоловская, Н.А. Политаева, В.В. Куриленко // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. — 2020. — № 3. — С. 55–63. — DOI 10.31857/S086978092003008X.
3. ГОСТ Р 53123-2008. Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы.

4. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
5. Доклад о деятельности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в 2022 году.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства, 1992.
7. Оценка воздействия на окружающую среду проектной документации «Строительство полигона твердых коммунальных отходов г. Улан-Удэ», 2019.
8. РД 52.18.191-89 «Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом».
9. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
10. Kowalska J.B., Mazurek R., Gąsiorek M., Zaleski T. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination — A review. *Environmental Geochemistry and Health*. Vol. 40, 2018. P. 2395–2420.
11. Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geochemical Journal*. Vol. 2, 1969. P. 108–118.
12. Nowrouzi M., Pourkhabbaz A. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. *Chemical Speciation & Bioavailability*. Vol. 26, 2014. P. 99–105.
13. Varol M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 195, 2011. P. 355–364.

© Чудинова Ольга Николаевна (chudinova1980@inbox.ru); Гулгенов Сергей Жаргалович (gulgenov-s@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОГО ТОПИАРНОГО ИСКУССТВА

ENVIRONMENTAL ISSUES OF CONTEMPORARY TOPIARY ART

**O. Shepeleva
E. Orlovskaya
V. Chasovskaya
E. Voropaeva**

Summary. Modern cities should be considered as an ecosystem, since the most favorable conditions for life are created here. Park areas in cities allow you to get both aesthetic pleasure (including the creation of topiary) and enjoy communication with nature. And here an optimal natural environment should be created according to its characteristics. Park areas contribute to improving the quality of the environment and the quality of life of the population.

Keywords: park area, topiary, quality of life, city ecology, landscaping, nature, environmental quality.

Шепелева Ольга Петровна

*К.с/х.н., доцент, Ленинградский Государственный
Университет им. А.С. Пушкина (Санкт-Петербург)
shepelevaop@mail.ru*

Орловская Евгения Игоревна

*Ассистент, Санкт-Петербургский Лесотехнический
Университет им. С.М. Кирова
irishina.design@gmail.com*

Часовская Виктория Валерьевна

*К.с/х.н., доцент, Санкт-Петербургский Лесотехнический
Университет им. С.М. Кирова
vika0578@mail.ru*

Воропаева Елена Владимировна

*К.с/х.н., доцент, Ленинградский Государственный
Университет им. А.С. Пушкина
lena.voropaeva.1973@mail.ru*

Аннотация. Современные города необходимо рассматривать как экосистему, поскольку здесь созданы наиболее благоприятные условия для жизни. Парковые зоны в городах позволяют получать как эстетическое наслаждение (в том числе и создание топиаров), так и наслаждаться общением с природой. И здесь должна быть создана оптимальная по своим характеристикам природная среда. Парковые зоны способствуют улучшению качества окружающей среды и качества жизни населения.

Ключевые слова: парковая зона, топиары, качество жизни, экология города, озеленение, природа, качество окружающей среды.

Топиарное искусство, достигшее невероятных высот за время развития человеческого общества, взяло свое начало с аккуратно подстриженных миртовых деревьев. Во время римской экспансии на Ближний Восток, топиарное искусство было привезено в Рим с потоком рабов из Египта, Палестины, Персии и Сирии. Это объясняет появление внутренних дворики и симметричных цветочных клумб в римских поселениях на территории всей империи вплоть до Британии. В Древнем Риме существовал особый цех садовых мастеров, которые занимались формовкой растений. Из вечнозеленых растений садовники создавали не только строгие живые изгороди, но и огромные вазы, шары, колонны, пирамиды, и даже фигуры птиц и зверей. Уже тогда люди отдавали предпочтение сочетанию внешней формы и функциональности и широко применяли этот принцип в архитектуре. Таким образом, и получили распространение симметричные геометрические сады с прямыми дорожками, фонтанами, декоративными бордюрами, и, конечно же, аккуратно подстриженными кустами и живыми изгородями[2].

С упадком Римской империи и приходом христианства топиарное искусство сохранилось и продолжало

развиваться и культивироваться новым духовным словом. Почти тысячу лет топиарное искусство было сокрыто за монастырскими стенами. Монахи, всегда ценившие тишину и уединение садов для молитв и медитаций, усовершенствовали искусство создания регулярных садов и цветников. Главным образом они использовали для выращивания лечебных и пряных трав для медицинских и кулинарных нужд монастырей.

Так было до наступления эпохи Ренессанса и расцвета всех видов искусства, в том числе и искусства создания классических садов в так называемом формальном стиле. Строительство особняков, дворцов и поместий приобрело совсем иное значение — создание домашнего очага, зачастую излишне яркого и напыщенного. В моду вошла показная роскошь. Одним из первых садов в формальном стиле стал сад дворца Версаль вблизи Парижа, созданный Андрэ ле Нотром для короля Людовика XIV. И, начиная с 20-х годов 16 века, Версальский стиль стал образцом для подражания у большинства европейских монархов и их приближенных. В последующие 100 лет основы, созданные в Версале, совершенствовались. Ярыми поклонниками искусства топиари стали британские садоводы. Тогда как подстриженные живые изгоро-

ди по всей Европе были лишь жалкой копией Версальских, в Британии и Голландии они стали уникальными произведениями садового искусства. Во времена Френсиса Бэкона помимо типичных садов в формальном стиле широкое распространение получили лабиринты [1].

Самые прогрессивные садоводы оформляли загородные дома редкими фигурно подстриженными кустарниками и тисовыми изгородями.

Стрижка растений вновь стала очень популярна в эпоху Возрождения, это был золотой век топиарного искусства. Ни один созданный в то время парк не обходился без аккуратных бордюров, обрамлявших дорожки и цветники, без высоких стриженных стен, которые разделяли пространство на зеленые комнаты, без изысканных фигур, созданных при помощи стрижки из привычных растений. В XVII веке право быть законодателем ландшафтных мод перешло от Италии на север, прежде всего во Францию. При Петре I это садовое творчество проникло и в Россию, яркий пример тому — Петродворец с его зелеными стенами, конусами, шарами и аккуратно стриженными бордюрами. Однако в 18 веке возникший на основе идей романтизма стиль английского ландшафтного парка оттеснил топиарные сады на долгие годы. В Германии фигурная стрижка садовых растений снова начала пользоваться популярностью лишь с конца восьмидесятых годов 20 века. В современном мире многие питомники, производящие посадочный материал, стали выращивать сформированные растения и предлагать на рынке уже готовые формы: шпалеры, элементы живых изгородей, пирамиды, шары, конусы, спирали, арки, садовые бонсаи и многое другое.

Исследования проводились в парках Санкт-Петербурга и питомниках Ленинградской области.

Питомники можно разделить на несколько категорий.

1. Питомники, заложенные в 60–70-х годах 20 столетия, площадью 50–100 га, в настоящее время запущены и полузаброшены. Качество выпускаемого посадочного материала низкое, топиары отсутствуют. В Санкт-Петербурге имеются два таких питомника: Глуховский и Зеленогорский.

2. Торговые точки, которые позиционируют себя как питомники, но фактически являются площадками для передержки растений, привезенных из Голландии, Польши, Германии, Финляндии и занимаются их доращиванием. Посадочный материал разного качества, размеров, в основном с закрытой корневой системой. Цены на посадочный материал зависят от страны производителя, от породы, от возрастной группы, от типа корневой системы. Высокие затраты на перевозку добавляют значительную часть к стоимости.

3. Питомники площадью 1–3 га при ландшафтных фирмах. Посадочный материал используют только для собственных клиентов. Качество неплохое, объемы небольшие.

4. Новые питомники от 5 га и более. Созданы в последние 10–15 лет. Занимаются выращиванием посадочного материала. Качество выше среднего.

В питомниках Санкт-Петербурга не выращивают топиарных форм. Эти декоративные формы поставляются из Европы, в основном из питомников Германии. Цены зависят от породы, размеров и формы топиара. В настоящее время интерес к топиарам растет, но в связи с высокими затратами на перевозку, используется недостаточно широко.

Топиары могут иметь геометрические формы (куб, шар, конус, пирамида), свободные формы (арка, спираль, зонт), садовые бонсаи, шпалеры, пальметты, живые изгороди [2].

Рассмотрим особенности агротехники выращивания топиаров. Перед посадкой в школу их корневая система сеянцев подрезается вручную. Затем удаляются все боковые побеги, чтобы в первые два года заново сформировать крону растения в целом. При необходимости формирования высокоствольного штамбового растения, стволы растений прикрепляются к вертикальным направляющим, что обеспечивает вертикальный рост ствола. Затем растение регулярно перешколивают. Первое раз, как правило, через 2 года после посадки. При выемке саженца из грунта, обрезается корневая система, затем следует стрижка кроны для создания характерного для растения строения. Второе перешколивание проводится, как правило, через 2–3 года после предыдущей пересадки. Подрезка корневой системой сопровождается стрижкой, форма кроны сохраняется или же формируется далее. Третье перешколивание проводится — в зависимости от вида — через 4–5 лет после предыдущей пересадки. При каждом перешколивании корневая система и крона подрезается приблизительно на 30 % [5].

Топиары требуют для произрастания хорошо освещенных мест, что позволяет им сохранить густую листву и приданную им форму. Это в равной мере относится и к растениям, которые хорошо переносят затенение. Несмотря на то, что такие растения могут хорошо развиваться и в тени, без солнца они не вырастают достаточно густыми.

Фигурно подстриженные растения теряют из-за постоянной обрезки гораздо больше питательных веществ, чем обычные растения. Их корневая система развивается не столь интенсивно и широко. Это происходит из-за

того, что у подстриженных растений гораздо меньше образуется в ветвях и меньше подается к корням энергоемких носителей питательных веществ. Итогом может стать отмирание нижних побегов и, как следствие, появление просветов. Поэтому для фигурно подстриженных растений особенно важно получать достаточный объем равномерно распределяемых по побегам питательных веществ [8].

Требования к почве определяются выбранным видом растения. На тяжелых почвах можно обеспечить питание растений за счет регулярного внесения компоста. Проблемными же обычно являются водопроницаемые грунты, из которых легко вымываются азот и калий. В такие почвы целесообразно вносить удобрения небольшими порциями. Для всех видов необходима проницаемая почва, в которой должно находиться необходимое количество питательных веществ. При повышенной влажности почву необходимо дренировать и разрыхлять на требуемую глубину. На чрезмерно засушливых местах произрастания растений необходимо предусмотреть возможность орошения.

Также, в зависимости от вида растения, следует определить, насколько продувается место посадки, чтобы растение не пострадало зимой от ветра и заморозков. Многие хвойные растения страдают от солнечных ожогов весной, когда транспирация усиливается, а почва не оттаяла. Поэтому для них нужно предусмотреть укрытие.

В настоящее время топиары широко используются в таких исторических садах и парках, как: Петергоф, Гатчина, Павловск. Применяют следующие виды топиаров: геометрические формы (конус, шар), свободные формы (арки, форма «помпон»), различные по структуре живые

изгороди. Имеет место также контейнерное модульное оформление из не зимующих растений. Основные трудности в работе с топиарами — это болезни и повреждение кроны и ствола, особенно во время зимовки, необходимость регулярной стрижки. Натурные обследования топиаров в парках области показали, что в целом топиары находятся в ослабленном состоянии, частично требуют замены.

Это проявляется в некрозно-раковых заболеваниях, механических повреждениях ствола, поражении вредителями, деятельностью дереворазрушающих грибов. Некоторые страдают от солнечных ожогов или недостатка солнечного света. Поэтому необходимо проведение защитных мероприятий (лечение ран, дупел, обработка инсектицидами, проведение санитарной обрезки кроны, механическое укрепление стволов) и тщательного ухода (проведение более глубокой формовочной стрижки, проведение регулярных подкормок комплексными удобрениями, защита от солнечных ожогов).

Топиары, которые встречаются в озеленении города, в целом находятся в хорошем состоянии. Рекомендуются применять общие мероприятия по уходу, но следует обратить внимание на сильное антропогенное влияние.

Изменение естественной геометрической формы растений не влияет на состояние окружающей среды, но окружающая среда и экология сказываются на морфометрическом состоянии растений. Экологическая ситуация оказывает заметное влияние на биохимические, морфологические и физиологические процессы растений. Топиарное искусство является критерием как оценки благосостояния и общего культурного развития общества, так и состояния экологии города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.И. Никитинский, Т.А. Соколова. Декоративное древоводство. — М.: Агропромиздат, 1990 — 252 с.
2. Г. Бельц. Фигурная стрижка деревьев. Формы. Методы. Уход. — М.: Бертельсманн, 2008 — 128 с, ил.
3. А. Сапелин. Декоративные деревья и кустарники. — М.: Фитон плюс, 2008 — 30 с., ил.
4. О стрижке и обрезке [электронный ресурс]// <http://www.topiary63.ru/page7.php>
5. А.В. Жигунов. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. — СПб., 2000 — 293 с.
6. Е. Аксенов, Н. Аксенова. Декоративное садоводство. Деревья и кустарники. — М.: АСТ пресс, 2001 — 30 с., ил.
7. В.В. Вакуленко, М.Ф. Труевцева, Вакуленко. Декоративное садоводство. — М.: Просвещение, 1982 — 143 с.
8. Ю.В. Джикович, О.И. Антонов, О.П. Шепелева Применение технологий Field-Map и устойчивость рекреационных зон Санкт-Петербурга СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. — 181 с.
9. OI Antonov, TA Ischuk, YuV Dzhikovich, OP Shepeleva, ON Malysheva Dynamics of the rank (social) structure of artificial spruce stands cultivated for high quality wood //VI ALL-RUSSIAN SCIENCE — TECHNOLOGY CONFERENCE: FORESTS OF RUSSIA: POLITICS, INDUSTRY, SCIENCE, EDUCATION (FR 2021) 26-28 May 2021, St. Petersburg, Russia

© Шепелева Ольга Петровна (shepelevaop@mail.ru); Орловская Евгения Игоревна (irishina.design@gmail.com);
 Часовская Виктория Валерьевна (vika0578@mail.ru); Воропаева Елена Владимировна (lena.voropaeva.1973@mail.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ УРБАНОФЛОРЫ И УРБАНОЗЕМОВ В ПАРКОВОЙ ЗОНЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ECOLOGICAL IMPACT ON THE STATE OF URBAN FLORA AND URBANOZEMS IN THE PARK ZONE OF ST. PETERSBURG

O. Shepeleva
V. Chasovskaya
E. Voropaeva
A. Yakovlev
E. Orlovskaya

Summary. The article discusses environmental problems and their impact on the state of urban flora in park areas. Urban soils (urbanozems), due to the violation of the natural composition of soils and the introduction of inclusions of various origins into them, significantly affect the state of plantings and the overall ecological situation.

Keywords: environment, technogenic load, environmental factors, urban flora, urbanozems.

Шепелева Ольга Петровна

К.с/х.н., доцент, Ленинградский Государственный
 Университет им. А.С. Пушкина (Санкт-Петербург)
 shepelevaop@mail.ru

Часовская Виктория Валерьевна

К.с/х.н., доцент, Санкт-Петербургский Лесотехнический
 Университет им. С.М. Кирова
 vika0578@mail.ru

Воропаева Елена Владимировна

К.с/х.н., доцент, Ленинградский Государственный
 Университет им. А.С. Пушкина (Санкт-Петербург)
 lena.voropaeva.1973@mail.ru

Яковлев Артем Антонович

Ассистент, Санкт-Петербургский Лесотехнический
 Университет им. С.М. Кирова
 artem95692@gmail.com

Орловская Евгения Игоревна

Ассистент, Санкт-Петербургский Лесотехнический
 Университет им. С.М. Кирова
 irishina.design@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются экологические проблемы и их влияние на состояние урбанофлоры в парковых зонах. Городские почвы (урбаноземы), вследствие нарушения естественного сложения почв и привнесения в них включений различного происхождения значительно влияют на состояние насаждений и общую экологическую ситуацию.

Ключевые слова: окружающая среда, техногенная нагрузка, экологические факторы, урбанофлора, urbanozems.

На урбанофлору в городских условиях, особенно такого мегаполиса как, Санкт-Петербург, действует целый комплекс экологических факторов. Насаждения подвергаются мощной техногенной нагрузке. Выделим следующие факторы, оказывающие негативное влияние на состояние городской урбанофлоры: экологическое загрязнение, изменение микроклиматических процессов, нарушение агротехнических мероприятий при посадке и уходах за насаждениями, неудовлетворительное состояние urbanozемов, повреждение урбанофлоры энтомофитными и болезнями, биотические и абиотические факторы.

Одним из основных факторов, лимитирующий культуру большинства видов декоративных древесных и кустарниковых растений в парках, является почвенный. Городские почвы — это почвы, имеющие созданный человеком поверхностный органо-минеральный слой, полученный перемешиванием, насыпанием, внесением (загрязнением) урбаногенного материала (строительно-бытового мусора). Основным признаком городских почв — нарушение естественного сложения почв и привнесение в них включений различного происхождения.

Исследования проводились в Южно-Приморском парке Санкт-Петербурга.

Общая площадь парка составляет 168,02 га. По лесорастительным условиям и происхождению парк разделен на две части, которые резко отличаются друг от друга. Парк был заложен на намытой территории. Богатейшая дендрофлора насчитывает 45 видов лиственных деревьев и 5 видов хвойных. Наибольшее распространение имеют: *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Sálix fragílís*, *Alnus glutinosa*, *Populus*, *Bétula péndula*, *Betula pubescens*, *Ulmus laevis*, *Úlmus glábra*, *Rópulus trémula*, остальные породы представлены незначительно.

Хвойные по отношению к лиственным составляют 2 %, это в основном *Picea pūngens* и *Abies sibirica*.

Всего в парке произрастает 31445 деревьев, из них до 15 лет — 815, от 15 до 25 лет — 7845 дерева, свыше 25 лет — 22785 дерева.

Кустарников насчитывается 38 видов, наиболее распространены: *Ribes alpinum*, *Crataégus sanguínea*, *Rósa*

rugósa, *Ribes aureum*, *Spiraea chamaedryfolia*, *Berberis vulgaris*, *Berberis x ottawensis*, *Auricoma*, *Swida sanguinea*, и некоторые другие виды. Есть свободнорастущие кустарники и живые изгороди.

Кустарники в возрасте от 10 до 20 лет составляют значительную часть от общего количества. Преобладают дикорастущие виды ивняка.

Рассмотрим общую фитопатологическую характеристику зеленых насаждений. Всего обследовано 649 деревьев и 315 кустарников. На изучаемых участках заболевания и повреждения деревьев представлены следующими видами: двойная вершина, неравномерная, редкая крона, а также затенение, схлестывание, сухие сучья составляют более 20 % от кроны дерева, искривление и наклон ствола, наросты, капы. Результаты микологического и фитопатологического обследования в ходе выборочной подеревной инвентаризации показали, что из дендрофлоры на территории парка в значительной степени поражена *Salix fragilis* и *Salix caprea* — на них отмечены плодовые тела дереворазрушающих грибов, ходы короедов и стволовая гниль. В угнетенном состоянии находится *Fraxinus excelsior* — отмечено большое число сухостойных и суховершинных деревьев [1].

Усыханию ветвей и вершины подвержен *Quercus robur* и в меньшей степени *Acer platanoides* и *Tilia cordata*. Возможная причина — близкая посадка деревьев друг к другу; из-за недостатка света боковые скелетные ветви отмирают. К совокупности влияющих на этот процесс факторов можно добавить нарушение гидрологического режима, а также заболевания корневой системы.

Основным повреждением *Picea abies* в парке является смолотечение. Из 36 обследованных деревьев *Picea abies* и *Picea pungens* смолотечение зафиксировано в 67 %.

Наиболее здоровым по результатам обследования является *Ulmus laevis*. У этой породы из повреждений преобладают двойная вершина и искривление ствола; доля встречаемости других заболеваний мала.

Урбановидная флора в парке характеризуется средним классом санитарного состояния, равным 1,9. В наилучшем состоянии находятся *Ulmus laevis*, *Betula pendula* и *Quercus robur*, в наихудшем — *Fraxinus excelsior*, *Salix caprea* и *Acer platanoides*.

Распределение кустарников по категориям санитарного состояния показывает, что наилучшее санитарное состояние у *Cotoneaster lucidus*, *Rosa majalis*, *Syringa vulgaris* и *Syringa josikaea* и *Spiraea chamaedryfolia*. Данный породный состав в наибольшей степени отвечает условиям увлажнения, устойчив к антропогенным на-

грузкам и атмосферному загрязнению. Наилучшее состояние получено для *Berberis vulgaris* — (кустарник имеет более 50 % сухих сучьев вследствие затенения пологом деревьев) и *Symphoricarpos albus* (кустарник находится в условиях избыточного увлажнения).

Породы, у которых состояния выше (*Ulmus laevis*, *Betula pendula*, *Quercus robur*), находятся в благоприятных почвенных условиях питания, более устойчивы к гидрологическому режиму почв парка, к антропогенным нагрузкам, а также загрязнению духа. Следовательно, эти виды перспективны для дальнейшего использования в озеленении парка. Однако, *Ulmus laevis* может повреждаться голландской болезнью, имеющей характер эпифитотий, его использование в озеленении нежелательно.

В данных условиях увлажнения лучше других пород подходят различные виды *Salix*, в частности *Salix fragilis*. Эта порода широко применялась при проектировании и планировке парка, и в дальнейшем ее использование весьма перспективно. Особенно декоративна *Salix alba argentea* и *Salix fragilis* var. *sphaerica*.

Устойчивы к временному подтоплению такие декоративные формы, как *Alnus incana* f. *laciniata* и *Populus nigra* f. *pyramidalis*.

У *Picea pungens* f. *glauca* состояние оценено выше, чем у *Picea abies*, при этом *Picea pungens* обладает значительно большей эстетической привлекательностью, более сильным ростом, иммунитетом и большей устойчивостью к энтомо и фитовредителям. Этот вид должен найти более широкое применение в озеленении городов.

Из кустарников хорошей устойчивостью к почвенно-гидрологическим условиям и антропогенной нагрузке обладают *Caragana arborescens*, *Cotoneaster lucidus* и *Ribes alpinum*.

В парке произрастает *Chaenomeles japonica*. Его цветки очень декоративны, а в сочетании с его высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам этот кустарник можно использовать в больших объемах. Из красивоцветущих кустарников можно выделить *Philadelphus coronarius*, который кроме декоративного цветения обладает приятным ароматом.

В ходе обследования на пробных участках было выявлено наличие древостоя, подлежащих санитарной рубке.

Южно-Приморский парк является местом отдыха горожан. Поэтому разработка мероприятий по поддержанию его насаждений в устойчивом, эстетически при-

влекательном состоянии очень важна для сохранения облика города.

На основании проведенного геоботанического обследования выделено 3 типа живого напочвенного покрова — сорно-судубравный (является индикатором богатых свежих и влажных почв широколиственных парков), луговозлаковый (индикатор свежелугового увлажнения и относительно богатых дерновых почв), и влажнотравный (свидетельствует об умеренно-влажных богатых местообитаниях проточного ряда заболачивания). На всех участках присутствуют в той или иной степени индикаторы свежих и влажных относительно богатых почв; щучка дернистая лисохвост луговой указывают на влажные дерновые почвы. На основе индикации экологических условий по живому напочвенному покрову мы рекомендуем провести реконструкцию гидромелиоративной сети (по дельному проекту) на участках с влажнотравным типом живого почвенного покрова. На участках с преобладанием сорно-рудеральных раз необходимо проводить регулярное скашивание травостоя с целью истребления сорных компонентов растительности, ухудшающих ее эстетическую привлекательность [1, 4, 5].

В процессе обследования отмечено наличие 11 видов деревьев, среди которых преобладают широколиственные (*Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*).

Анализ состояния древесных насаждений парка на основании проведенной выборочной инвентаризации древесных насаждений на 6 участках показал, что

среднее состояние в целом по парку соответствует 1,9, ослабленное. *Ulmus laevis*, *Bétula péndula*, *Quercus robur*, более устойчивы к гидрологическому сжиму данного парка, к антропогенным нагрузкам, а также загрязнению воздуха автотранспортом.

Основными повреждениями в парке являются: двойные вершины, асимметричность и затенение кроны, усыхание нижних ветвей, у хвойных пород повреждения зачастую сопровождаются смолотечением.

Почвы в городе выполняют важные экологические функции. Главными из которых являются: пригодность для произрастания зеленых насаждений; способность сорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды [3]

Значительная часть почв территории городов (жилые микрорайоны, промышленные и транспортные зоны, улично-дорожная сеть и т.д.), подвергаются действию негативных процессов, влияющих на экологическое состояние почв. Значительно уменьшаются площади озеленения и увеличиваются запечатанность территории жилыми постройками, камнем, асфальтом и т.д. (уменьшение поверхности биологически продуктивного и биогеохимически активного почвенного покрова), ухудшаются почвенно-гидрологические условия (подтопление, заболачивание, просадки), загрязнение воздушного приземного слоя и внедрение загрязняющих веществ в природные среды города, превышение норм рекреационного использования (допустимых норм посещаемости) [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Изотова Т.В., Часовская В.В. Состояние древесно-кустарниковых насаждений парков Санкт-Петербурга на намывных грунтах Актуальные проблемы лесного комплекса, 2006, №15, С. 79–84.
2. Antonov OI, Izotova TV, Djikovich YV, Shepeleva OP, Chasovskaya VV Application of field-map technology for vegetation assessment in Saint Petersburg // IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, Policy, Industry, Science and Education. Сер. «V Pan-Russian Scientific — Technical Conference — Webinar «Forests of Russia: Policy, Industry, Science and Education»» Том 574. 2020 Издательство: IOP Publishing Ltd
3. Джикович Ю.В., Антонов О.И., Шепелева О.П., Часовская В.В. Применение технологий Field-Map и устойчивость рекреационных зон Санкт-Петербурга (научная монография) СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. — 181 с.
4. Строганова М.Н., Агаркова М.Г., Жевелева Е.М., Яковлев А.С. Экологическое состояние почвенного покрова урбанизированных территорий (на примере Москвы и Пущино). //Сб. «Экологические исслед. Москвы и Московской области.» М.,1990. С. 127–147
5. Строганова М.Н., Прокофьева Т.В. Почвы и почвенный покров Москвы. // Сб. «Природа Москвы». М., под ред. чл.-корр. РАН Л.П. Рысина. 1998. С.24–38.
6. Шепелева О.П., Часовская В.В., Джикович Ю.В., Антонов О.И. Исследование состояния древесных растений в садах Санкт-Петербурга // XXV юбилейные Царскосельские чтения. Материалы международной научной конференции. Под общей редакцией С.Г. Еремеева. Санкт-Петербург, 2021. С. 130–135.

© Шепелева Ольга Петровна (shepelevaop@mail.ru); Часовская Виктория Валерьевна (vika0578@mail.ru); Воропаева Елена Владимировна (lena.voropaeva.1973@mail.ru); Яковлев Артем Антонович (artem95692@gmail.com); Орловская Евгения Игоревна (irishina.design@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА МОРФОЛОГИЮ ОВСА AVENA SATIVA

Янгирова Лиана Януровна

Аспирант, Тюменский государственный университет

lianochka137@mail.ru

Петухова Галина Александровна

Профессор, Доктор биологических наук, Тюменский

государственный университет

THE EFFECT OF OIL CONTAMINATION OF THE SOIL ON THE MORPHOLOGY OF OATS AVENA SATIVA

**L. Yangirova
G. Petukhova**

Summary. This study aims to assess the effect of oil pollution on the morphological parameters of oats grown on soils contaminated with oil. Obtaining data on the effect of oil pollution on the morphological parameters of oats is of great relevance, since it allows to increase crop yields and reduce environmental damage caused by pollution.

The study showed that oil pollution has a negative effect on the morphological parameters of oats. The length of the root, the length of the hypocotyl, the length and width of the leaf, and the number of roots significantly decreased when growing oats on oil-contaminated soils than when growing on clean soils. This indicates that oil pollution of the soil can have a serious impact on the growth and development of plants, which can potentially negatively affect the yield of agricultural products. The data obtained during the study allow for a deeper understanding of the impact of oil spills on various aspects of plant growth and development. And also provide an opportunity to take measures to improve the quality of the soil and increase the yield of agricultural products. At the same time, it is necessary to take into account the potential environmental damage that oil pollution can cause. Thus, the results and conclusions obtained are important for decision-making in the field of agriculture and environmental protection.

Keywords: oil pollution, morphology of oats, hypocotyl, leaf length and width, germination.

Аннотация. Данное исследование имеет целью оценку влияния нефтезагрязнения на морфологические параметры овса, выращенного на почвах, загрязненных нефтью. Получение данных о влиянии нефтезагрязнения на морфологические параметры овса имеет большую актуальность, поскольку позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур и уменьшить экологический ущерб, вызванный загрязнением.

Проведенное исследование показало, что нефтезагрязнение оказывает отрицательное влияние на морфологические параметры овса. Длина корня, длина гипокотыля, длина и ширина листа, и количество корней значительно снизились при выращивании овса на почвах, загрязненных нефтью, нежели при выращивании на чистых почвах. Это свидетельствует о том, что загрязнение почвы нефтью может оказывать серьезное воздействие на рост и развитие растений, что может потенциально негативно сказаться на урожайности сельскохозяйственной продукции.

Полученные в ходе исследования данные позволяют более глубоко понять влияние нефтяных разливов на различные аспекты роста и развития растений. А также предоставляют возможность принимать меры по улучшению качества почвы и повышению урожайности сельскохозяйственной продукции. При этом, необходимо учитывать потенциальный экологический ущерб, который может наносить загрязнение почвы нефтью. Таким образом, полученные результаты и выводы являются важными для принятия решений в области сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, морфология овса, гипокотиль, длина и ширина листа, всхожесть.

Введение

На сегодняшний день, проблема загрязнения почвы нефтепродуктами является одной из главных экологических проблем, которая оказывает негативное воздействие на экосистему и экономику. Нефтепродукты, такие как бензин, масла, нефть, содержат вредные вещества, которые могут накапливаться в почвах, снижая плодородие и качество почвы, а также уменьшая урожайность сельскохозяйственных культур. В рамках данной работы был проведен эксперимент по выращиванию овса на почве, загрязненной нефтью. Целью эксперимента было исследование влияния нефтепродуктов на различные параметры роста растений, такие как: высота стебля, длина корней, масса надземной части и масса корней.

Материалы и методы

Для проведения опыта была использована почва из участков разной степени загрязнения, которую одинаковыми объемами перенесли в контейнеры. В качестве контрольной группы использовалась почва без загрязнения. Растения были выращены в течение 30 дней, после чего была проведена оценка параметров роста.

Для проведения исследования было выбрано 5 групп овса, выращенного в почвах с разной степенью нефтезагрязнения. Опыт проводился с использованием не менее 100 семян в каждом варианте. Каждая группа включала в себя выборку минимум из 10 вариантов овса, выращенных на соответствующей загрязненной почве. Для определения различий в схожести овса на различ-

ных сроках наблюдения (3, 5, 10 и 15 дней) были вычислены процентные отклонения в процессе роста овса. При этом в каждом экспериментальном варианте были измерены следующие показатели роста овса: длина корня, длина hypocotyla, длина листа, ширина листа, количество корней и всхожесть семян.

Все варианты эксперимента были разделены на следующие группы по степени загрязнения почвы, на которой происходило выращивание овса:

- Контроль (чистая почва)
- 1,0–1,29 % нефти в почве
- 1,3–1,59 % нефти в почве
- 1,6–2,0 % нефти в почве
- <5 % нефти в почве

Представленное исследование имеет важное значение для понимания влияния нефтезагрязнения почв на рост и развитие овса. Определение поведения растений при наличии определенного уровня различных загрязнителей является ключевым аспектом экологического мониторинга в сельском хозяйстве. Статистическую обработку данных проводили по стандартной методике при помощи программы Statistica. Достоверность различий, сравниваемых результатов выявили по t критерию Стьюдента. Различия считали статистически достоверными при $p < 0,05$.

Обсуждение

Адаптация — это приспособление организма к внешним условиям, включая морфофизиологические и поведенческие изменения. Процессы эти нацелены на сохранение постоянства внутренней среды. Адаптация может обеспечить выживание в определённой среде обитания, устойчивость к абиотическим и биологическим факторам, а также успех в конкуренции с другими видами, популяциями и особями.

Любая адаптация организма к изменяющимся условиям окружающей среды обитания — это работа, требующая определенных энергетических затрат. При загрязнении окружающей среды повреждается митохондриальный аппарат клетки — основной источник энергии в виде АТФ или эквивалентных макроэргических соединений. Тем не менее некоторые виды животных и растений, а также некоторые виды рыб, обладают возможностью адаптироваться к жизни в загрязнённых условиях.

На рисунке 1 приведён анализ длины листьев овса в нефтезагрязнённой среде. Листья овса, как большие, так и маленькие не отличаются от контроля во всех группах, кроме групп с содержанием нефти 1,6–2,0 % и 1,0–1,29 %. Анализ длины листьев овса, в вышеупомянутых группах выявил, что растения показывают резкое

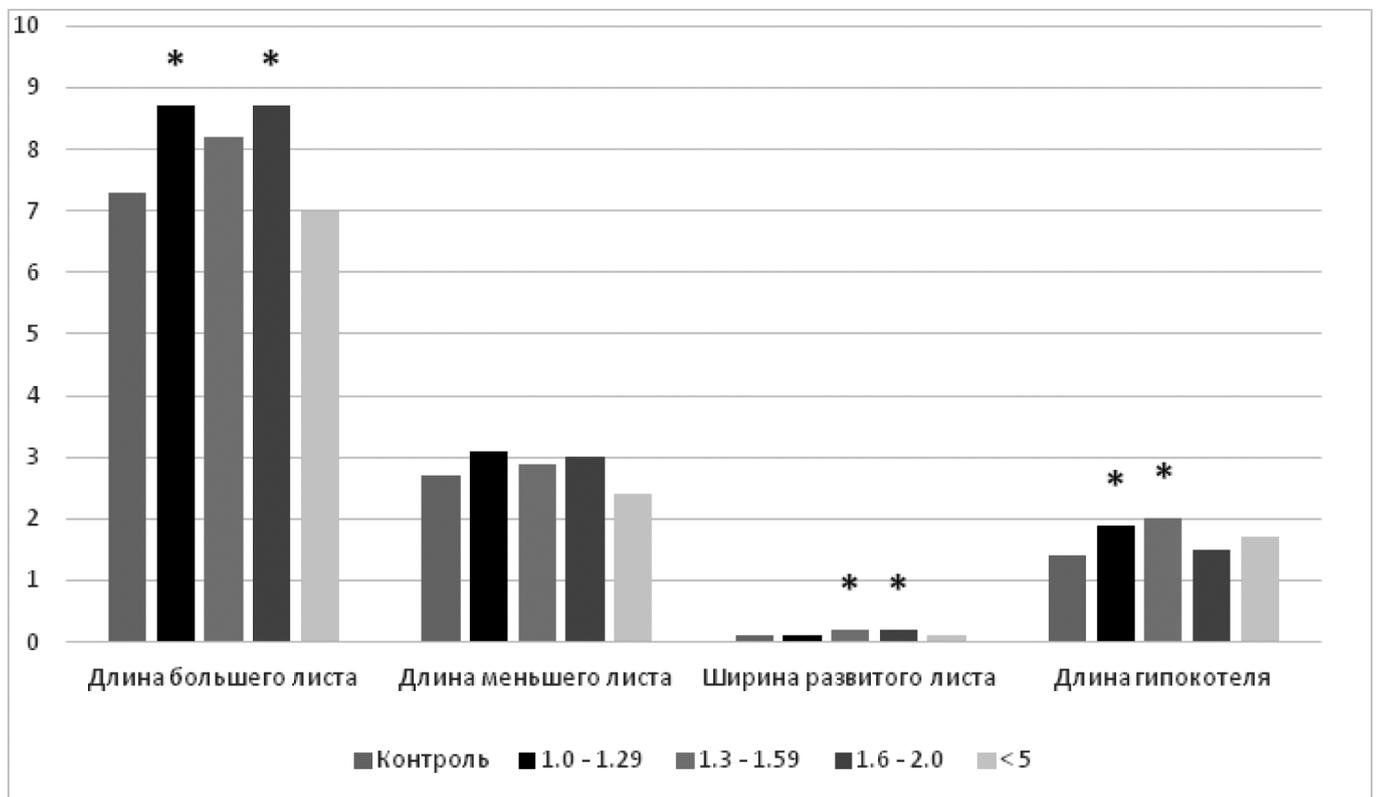


Рис. 1. Морфологические характеристики листьев овса в зависимости от количества нефти в почве
Примечание: * — статистически достоверное различие между контролем и вариантом эксперимента при $(p < 0,05)$

увеличение в росте листьев ($p < 0,05$), а в остальных группах длина листьев сохраняется на уровне контроля. Это может свидетельствовать о том, что произошёл мутагенный эффект: некоторые компоненты нефти могут содержать гормональные или мутагенные свойства, что может способствовать увеличению роста и изменению формы листьев. Это может быть защитной реакцией растения на измененные условия.

Также в группе с содержанием нефти 1.3–2.0 % изменены в большую сторону показатели ширины листа по сравнению с контролем. Это можно объяснить адаптационным механизмом: растения способны адаптироваться к измененным условиям среды и загрязнению почвы нефтью. Они могут изменять свою физиологию и метаболические процессы для того, чтобы справиться с токсическим воздействием нефтепродуктов. Увеличение ширины листьев — может быть одной из адаптационных стратегий овса, направленных на обеспечение большей площади фотосинтеза и увеличения поглощения света.

Что касается гипокотыля, то гипокотиль — это стебель прорастающего овса, расположенный ниже семядолей (семенных листьев) и выше корешка (корня), и в данном эксперименте при изначальном повышении концентрации нефти в почве на 1.0–1.59 % гипокотиль рос, а при дальнейшем увеличении концентрации нефти

в почве — перестал расти и не отличается от контроля. Предположительно, большая часть изменений связана с биохимической составляющей овса. Например, на длину гипокотыля могут оказывать влияние гормональные изменения: загрязнение нефтью может привести к изменению физиологических процессов в растениях, включая баланс гормонов. Некоторые гормоны, такие как ауксины, могут способствовать увеличению длины гипокотыля. Такое изменение гормонального баланса может быть вызвано токсическим воздействием нефтепродуктов на растения.

В целом, представленный эксперимент позволяет подтвердить тесную взаимосвязь между содержанием нефти в почве и характеристиками роста растений, что имеет важное значение в контексте экологической безопасности и охраны окружающей среды.

На рисунке 2 изображена зависимость среднего количества и размера корней от концентрации нефти в почве. Из анализа графика можно установить, что при высокой концентрации нефти в почве 1.3–2.0 % происходит резкое снижение роста корневой системы растений, что указывает на негативное воздействие нефти. Однако, при концентрациях нефти в среде больше 5 % происходит стимулирующее к росту воздействие не только к росту главного корня, но и к количеству придаточных. Это может быть связано с защитными механизмами рас-

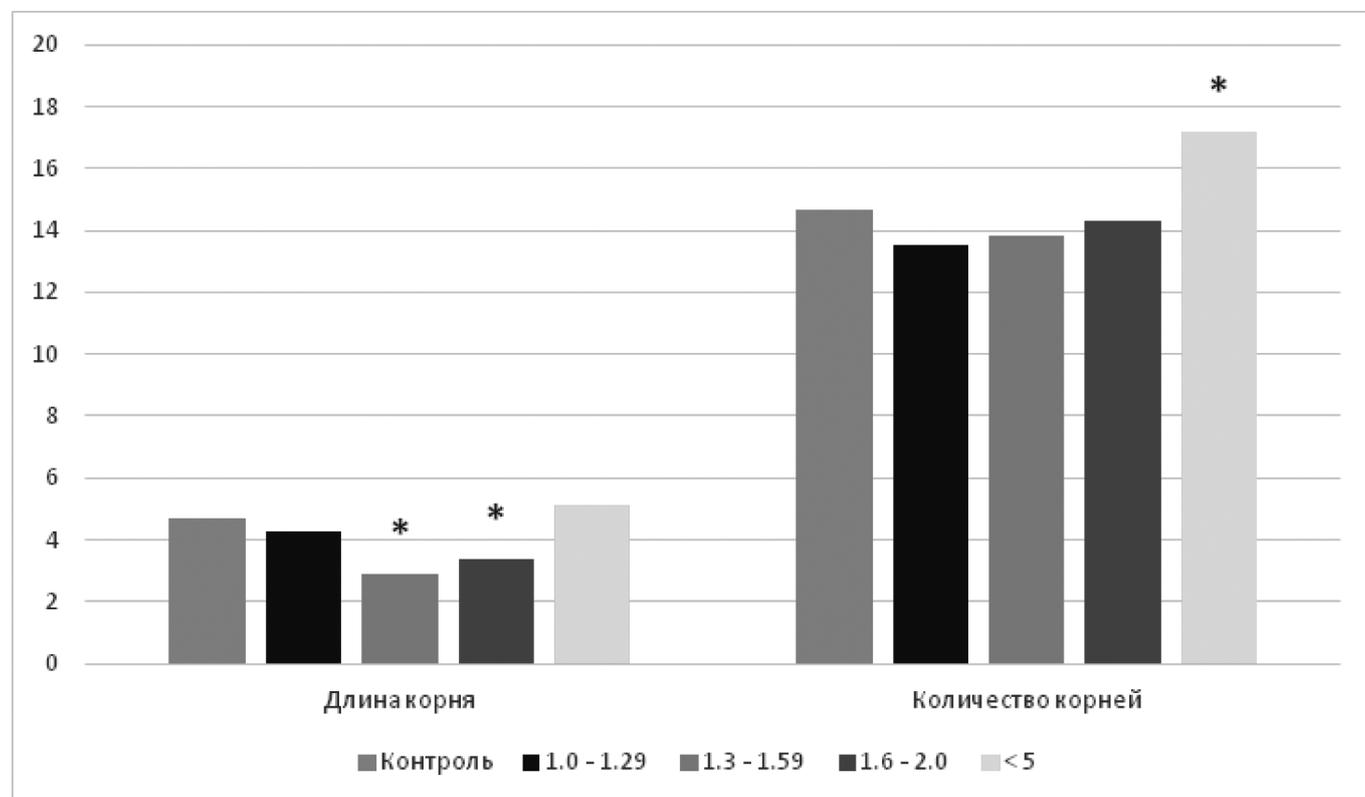


Рис. 2. Количество и длина корней у овса в зависимости от количества нефти в почве

Примечание: * — статистически достоверное различие между контролем и вариантом эксперимента при ($p < 0,05$)

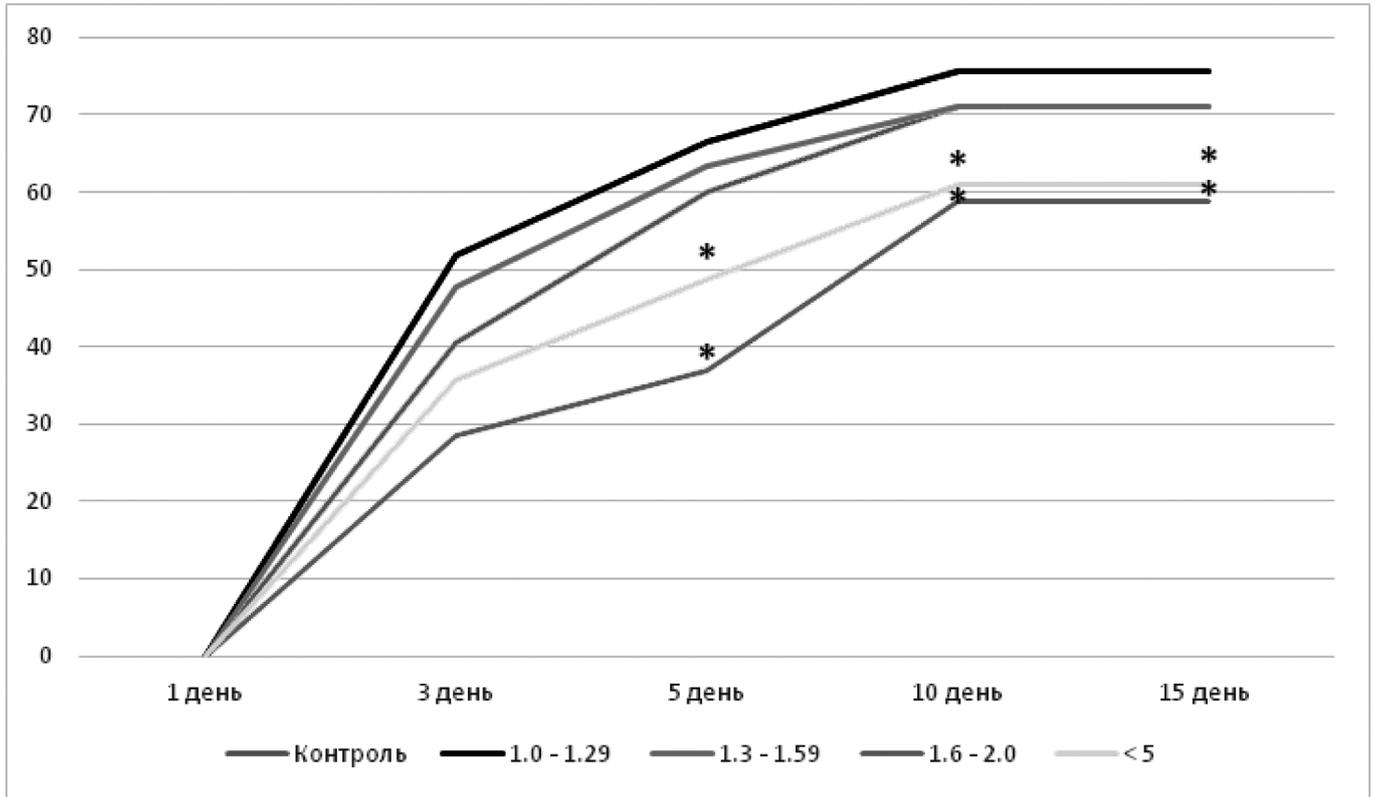


Рис. 3. Динамика всхожести семян овса в зависимости от количества нефти в почве по дням

Примечание: * — статистически достоверное различие между контролем и вариантом эксперимента при ($p < 0,05$)

тения: загрязненная нефтью почва может содержать токсичные вещества, которые могут нанести вред корням овса. Увеличение корней может быть связано с повышенной потребностью растений в поглощении воды и питательных веществ при условии недостаточной их доступности в почве, а также для увеличения поверхности корневой системы и разведения вредных веществ.

Таким образом, данные результаты подтверждают сложную и неоднозначную природу влияния нефти на рост корневых систем растений и необходимость более углубленного анализа биохимических механизмов, которые обуславливают данную зависимость.

Представленные на рисунке 3 данные отражают динамику всхожести семян овса в зависимости от концентрации нефти в почве в течение периода от 3 до 15 дней после посева. При увеличении концентрации нефти в почве в диапазоне 1.6–2.0 % нефти в среде, наблюдается соответствующее уменьшение динамики всхожести семян. Эти данные говорят о негативном влиянии концентрации нефти на всхожесть семян овса. Аналогичные результаты получены при концентрации нефти на уровне 5 %. Это может быть связано с токсичностью нефти: нефть и нефтепродукты могут содержать токсичные химические соединения, такие как полициклические ароматические углеводороды и тяжелые металлы. Попадая на семена, эти вещества могут повредить их оболочку

и нарушить нормальный процесс всхожести. Более того, загрязненная нефтью почва может иметь плотную структуру или быть покрытой тонким слоем нефтяных отложений, что может затруднять проникновение кислорода к семенам. Кислород необходим для процесса дыхания и энергетического обмена в семенах, и его недостаток может препятствовать всхожести.

Обобщая данные, можно сделать вывод о том, что концентрация нефти в почве оказывает существенное влияние на всхожесть семян овса. При определенных низких концентрациях нефти в почве наблюдается благоприятный эффект и повышение всхожести, однако при более высоких концентрациях — возникает риск снижения всхожести.

Результаты

В ходе данного эксперимента было выявлено, что разная концентрация нефти в почве оказывает влияние на основные показатели роста овса, включая длину корня, длину гипокотыля, длину и ширину листа, и всхожесть семян.

1. Нефтезагрязнения почвы влияет как на длину, так и на ширину листьев овса: В группах, где содержание нефти составляло 1.6–2.0 % и 1.0–1.29 %, растения овса показали резкое увеличение в росте

листьев, в то время как в остальных группах длина листьев была на уровне контроля. В группе с содержанием нефти 1.3–2.0 % были обнаружены изменения в показателях ширины листьев по сравнению с контролем.

2. При исходном повышении концентрации нефти в почве на уровне 1.0–1.59 %, гипокотиль овса продолжал расти, но при дальнейшем увеличении концентрации нефти в почве он перестал расти и не отличался от контроля.
3. При высокой концентрации нефти (1,3–2,0 %) наблюдается резкое снижение роста корней, указывающее на негативное воздействие нефти на корневую систему. Однако, при концентрациях нефти

выше 5 % наблюдается стимулирующий эффект на рост как главного корня, так и придаточных корней.

4. При увеличении концентрации нефти в почве в диапазоне 1.6–2.0 % и на уровне 5 % наблюдается уменьшение динамики всхожести семян овса. Это говорит о негативном влиянии концентрации нефти на всхожесть семян.

В целом, данные результаты указывают на сложное взаимодействие между нефтезагрязнением и ростом овса. Для полного понимания этой зависимости требуется более глубокий анализ биохимических механизмов, определяющих эффекты нефти на растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Jong E. The effect of a crude oil spill on cereals // *Environmental Pollution series A, Ecological and biological*. — 1980. — Т. 22. — №. 3. — С. 187–196.
2. Subbotin A. M. Et al. Adaptogenesis of oat (*Avena Sativa L.*) To oil pollution of soil // and the 6th PEEEX Meeting. — 2016. — С. 461.
3. Udo E.J., Fayemi A.A.A. The effect of oil pollution of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn. — *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America*, 1975. — Т. 4. — №. 4. — С. 537–540.
4. Wyszowska J., Kucharski J., Waldowska E. The influence of diesel oil contamination on soil microorganisms and oat growth // *Rostlinná Vyroba*. — 2002. — Т. 48. — №. 1. — С. 51–57.
5. Wyszowski M. et al. Contamination of soil with diesel oil, application of sewage sludge and content of macroelements in oats // *Water, Air, & Soil Pollution*. — 2020. — Т. 231. — №. 11. — С. 546.
6. Wyszowski M., Wyszowska J. Effect of enzymatic activity of diesel oil contaminated soil on the chemical composition of oat (*Avena sativa L.*) and maize (*Zea mays L.*) // *Plant Soil and Environment*. — 2005. — Т. 51. — №. 8. — С. 360.
7. Биргер Т.И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев: Наукова думка, 1979, 192 с.
8. Гиляров М.С. Биологический энциклопедический словарь/Ред. кол.: А.А. Бабаев, Г.Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. 2-е изд., исправл., 1986, 120 с.

© Янгирова Лиана Януровна (lianochka137@mail.ru); Петухова Галина Александровна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ¹

Бирюлин Владимир Иванович

Кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный
государственный университет, Россия, Курск
bir1956@mail.ru

Куделина Дарья Васильевна

Кандидат технических наук, доцент,
Юго-Западный государственный университет,
Россия, Курск
mary_joy@mail.ru

SIMULATION OF THE ZERO SEQUENCE VOLTAGE SOURCES SEARCH IN POWER SUPPLY SYSTEMS²

**V. Biryulin
D. Kudelina**

Summary. The article deals with the issues related to ensuring the quality of electricity in power supply systems. It is shown that the quality of electrical energy can be determined by the operation of equipment in electrical networks not only of electricity producers and suppliers, but also of this energy consumers. The occurrence of power quality indicators unacceptable values leads to negative consequences and disruptions in the electrical equipment operation of power supply organizations and consumer power receivers, which causes losses and other undesirable consequences in case of power quality violations. The article presents the values of the voltage asymmetry coefficients for the negative and zero sequences obtained by the authors in the course of work on electricity quality monitoring. These results indicate that the negative sequence voltage in electrical networks with a voltage of 0.38 kV has lower values than the zero sequence voltage. It is shown on a computer model of the simplest power supply system that with a different arrangement of sources, the zero-sequence voltage phase values differ sharply from each other. Therefore, the use of monitoring the values of both the absolute value and the phase of the zero sequence voltage can be used for accelerated electrical energy quality monitoring and obtaining reasonable information about finding a source of the zero sequence voltage large values.

Keywords: quality, electricity, indicators, asymmetry, reverse sequence, zero sequence, computer simulation, electrical network, electricity consumers, current, voltage, phase.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением качества электроэнергии в системах электроснабжения. Показано, что качество электрической энергии может определяться работой оборудования в электрических сетях не только производителей и поставщиков электроэнергии, но также и потребителей этой энергии. Возникновение недопустимых значений показателей качества электроэнергии приводит к негативным последствиям и нарушениям работы электрооборудования энергоснабжающих организаций и электроприемников потребителей, что вызывает появление убытков и других нежелательных последствий при нарушениях качества электроэнергии. Приведены значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, полученные авторами статьи в ходе выполнения работ по мониторингу качества электроэнергии. Эти результаты свидетельствуют о том, что напряжение обратной последовательности в электрических сетях напряжением 0,38 кВ имеет меньшие значения, чем напряжение нулевой последовательности. Показано на компьютерной модели простейшей системы электроснабжения, что при различном расположении источников значения фазы напряжения нулевой последовательности резко отличается между собой. Поэтому применение контроля значений как модуля, так и фазы напряжения нулевой последовательности может использоваться для ускоренного мониторинга качества электрической энергии и получения обоснованной информации о нахождении источника больших значений напряжения нулевой последовательности.

Ключевые слова: качество, электроэнергия, показатели, несимметрия, обратная последовательность, нулевая последовательность, компьютерное моделирование, электрическая сеть, потребители электроэнергии, ток, напряжение, фаза.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности. Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-5109.2022.4 «Разработка автоматизированной системы выявления объектов, оказывающих негативное влияние на качество электроэнергии» ельности» и ООО «Нижебогучанская ГЭС» в рамках договора № 488 от 09.09.2022

² The publication was carried out with the Russian Federation President Grant financial support for young scientists state support — Candidates of Science, project No. МК-5109.2022.4 «An automated system development for identifying objects which have a negative impact on power quality».

Введение

Системы электроснабжения предназначены для обеспечения потребителей электрической энергией в необходимых количествах и с требуемым ее качеством. Только при выполнении данных условий возможна нормальная работа многочисленных электроприемников, без которых практически невозможно представить жизнь современного общества. При этом необходимо помнить, что поставляемая потребителям электроэнергия является товаром, пусть и во многом отличным от других, более «материальных» товаров, и она также должна иметь соответствующее качество.

В общем случае качество того или иного товара, предлагаемого производителем на рынке, можно представить как совокупность тех или иных характеристик, отображающих основные свойства данного товара. Для электроэнергии качество устанавливается нормативными документами как соответствие установленных этими документами характеристик электроэнергии или показателей качества электроэнергии [1]. Данное соответствие должно выполняться в тех точках электрических сетей систем электроснабжения, где осуществляется передача электрической энергии от ее поставщиков к потребителям, или же, если сказать немного упрощенно, происходит продажа электроэнергии.

Чаще всего точка, в которой должно определяться качество электроэнергии, территориально находится там, где происходит разграничение электрических сетей согласно тем или иным документам, например, актам разграничения балансовой принадлежности электросетей и эксплуатационной ответственности сторон или по какому-то другому принципу.

Литературный обзор

При исследованиях качества электрической энергии следует помнить, что она имеет свойства, значительно отличающие ее от других товаров. Главным отличием является то, что процессы генерации, транспортировки и потребления электроэнергии являются непрерывными во времени. Также необходимо учитывать то, что на качество электроэнергии могут влиять не только ее производители (предприятия, осуществляющие генерацию электроэнергии), предприятия электросетей, выполняющие функции передачи электроэнергии, но также и ее потребители [2–4].

В общем случае к точке передачи электрической энергии оказываются подключенными электрические сети энергоснабжающих организаций и потребителей, причем, как первые, так и вторые подключения могут быть не в единичном числе. Поэтому при фиксации нарушения качества электроэнергии в точке ее передачи

возникает задача, имеющая большую актуальность — по какой причине возникает нарушение качества электроэнергии и кому принадлежит оборудование, создающее данное нарушение.

Не исключена, например, ситуация, при которой одновременно несколько потребителей создают это нарушение качества, но влияние каждого из потребителей на эти процессы может быть различным [5]. Разумеется, источники нарушения качества электроэнергии могут находиться и в электрических сетях электроэнергетических систем.

Актуальность данной задачи обуславливается еще и тем, что выход текущих значений показателей качества электрической энергии за нормативные границы неизбежно приводит к созданию неблагоприятных условий для подключенного к электрическим сетям электрооборудования и электроприемников, что неизбежно приведет к возникновению многих негативных последствий, создающих при неблагоприятных условиях убытки как для энергоснабжающих организаций, так и для потребителей [1, 2, 6].

Проблема поддержания качества электроэнергии в системах электроснабжения не теряет своей актуальности в настоящее время, как в нашей стране, так и в других, о чем свидетельствуют публикации как в российских источниках, так и в зарубежных [1, 2, 8–9]. Имеются также публикации различных авторов, работающих над проблемами качества электрической энергии в отдельных областях [10–14].

Рассмотрим более подробно проблемы определения источника нарушения качества электроэнергии в случае возникновения недопустимой несимметрии напряжений в трехфазной электрической сети. Известно, что несимметричная трехфазная система напряжений представляется тремя симметричными системами напряжений: прямой (аналогична симметричной трехфазной системе напряжений), обратной (чередование векторов напряжений обратно последовательности) и нулевой (все три вектора этой системы имеют одинаковое положение или же фазовый сдвиг между ними отсутствует) [15, 16].

Значения напряжений обратной и нулевой последовательностей, возникающие в электрической сети при несимметрии напряжений, используются для нормирования качества электроэнергии. С использованием этих напряжений рассчитываются показатели, определяющие качество электроэнергии — коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

На появление и величину несимметрии напряжений в трехфазной электрической сети могут влиять как энергоснабжающие организации [17], так и потребители электроэнергии [18, 19].

Авторы статьи неоднократно проводили работы по мониторингу качества электроэнергии, в ходе которых достаточно часто фиксировались случаи нарушения качества электроэнергии, связанные с недопустимым уровнем напряжения нулевой последовательности. Но нарушений качества электрической энергии, созданных большими значениями напряжений обратной последовательности, зафиксировано не было.

Для иллюстрации приведем ниже суточные графики изменений фазных напряжений, коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, полученные авторами статьи при проведении мониторинга — рис. 1, рис. 2, рис. 3.

Если провести анализ приведенных графиков, то можно сделать вывод о том, что на том энергетическом объекте, где производился мониторинг качества электрической энергии, наблюдается значительная разница между напряжениями отдельных фаз. Значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности находятся в пределах нормируемых значений (не более 2 % за 95 % времени интервала измерений и не более 4 % за 100 % времени интервала измерений). Значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности не находятся в пределах нормируемых значений (не более 2 % за 95 % времени интервала измерений и не более 4 % за 100 % времени интервала измерений) — наблюдается неоднократное превышение значения, равного 4 %. Поэтому можно сделать итоговый вывод о наличии в рассматриваемой электрической сети напряжения нулевой последовательности с недопустимой величиной.

В общем случае возникновение в трехфазной электрической сети значительного напряжения нулевой последовательности неблагоприятно сказывается на режимах работы, прежде всего, электроприемников, подключаемых на фазное напряжение [20, 21]. Самое наглядное подтверждение такого влияния — это работа систем электрического освещения, так как при различии фазных напряжений электрические лампы, подключенные к фазе с более высоким напряжением, создают больший световой поток по отношению к лампам, питающимся от других фаз, но происходит негативное воздействие на срок службы ламп, находящихся под повышенным напряжением, — он резко снижается по сравнению с другими лампами, питающимися от фаз электрической сети с меньшим напряжением.

Также появление в электрических сетях значительных напряжений и токов нулевой последовательности

приводит и к другим негативным явлениям, включая и протекание больших токов в нулевых проводниках трехфазных сетей, выполненных по системе TN. Рост токов в нулевых проводниках происходит по той причине, что в отличие от токов прямой и обратной последовательностей токи нулевой последовательности не имеют фазного сдвига в 120° между собой, поэтому в нулевом проводнике происходит суммирование фазных токов нулевой последовательности.

В существующих системах электроснабжения к точке передачи электрической энергии (в которой должны выполняться требования по качеству электроэнергии) в общем случае может подключаться довольно большое количество потребителей электроэнергии, имеющих в своем составе разнородные электроприемники, в том числе и создающие несимметрию напряжений. Несимметрия напряжений может создаваться и в электрических сетях энергоснабжающих организаций.

В общем случае как потребители электроэнергии, так и энергоснабжающая организация могут создавать несимметрию напряжений, но при измерении показателей качества электроэнергии, включая и коэффициенты несимметрии напряжений, нельзя сделать однозначный вывод о причинах возникновения значительной несимметрии, даже в первом приближении — например, кто создает данную проблему — потребители или энергоснабжающая организация. Такое положение затрудняет разработку и внедрение эффективных мероприятий по повышению качества электроэнергии, так как истинная причина возникновения нарушения качества электроэнергии остается невыясненной.

Чтобы получить обоснованную оценку воздействия отдельного потребителя на качество электроэнергии в точках общего присоединения, необходимо максимально объективно оценить его вклад в создание несимметрии или же, другими словами, определить долевой вклад потребителя. Эта оценка крайне важна для принятия обоснованных решений по повышению качества электроэнергии.

Различные подходы к определению долевого вклада потребителя в процессы снижения качества электроэнергии, включая и несимметрию, представлены во многих источниках, например — [5, 18, 19]. Но несмотря на это, на сегодняшний день не разработана универсальная методика оценки вклада потребителей в несимметрию напряжений в трехфазной электрической сети.

Материалы и методы

Ранее предложенные способы определения вклада потребителей в нарушение качества электроэнергии из-за недопустимой несимметрии напряжений, использовали следующие подходы:

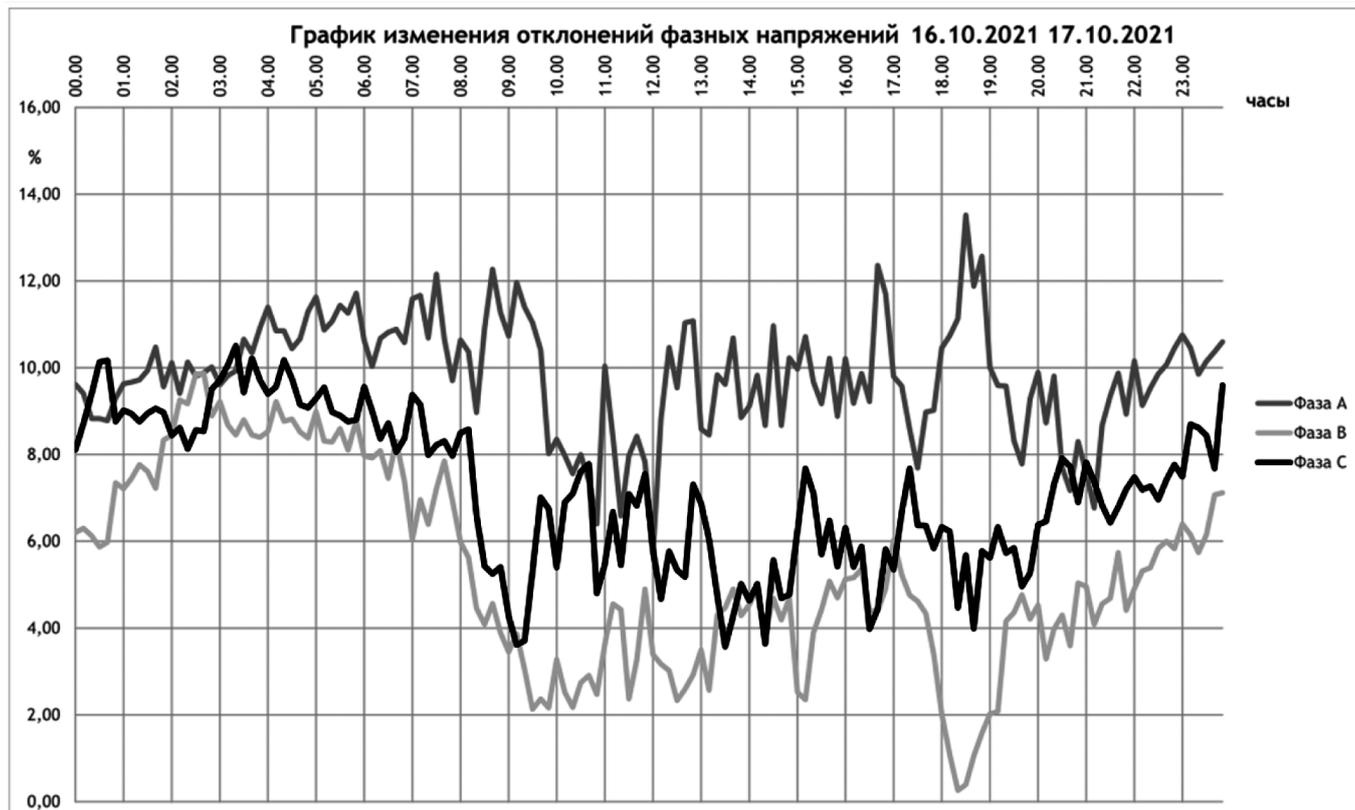


Рис. 1. Суточный график изменения фазных напряжений в трехфазной электрической сети



Рис. 2. Суточный график изменения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в трехфазной электрической сети



Рис. 3. Суточный график изменения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в трехфазной электрической сети

- определение характера изменения показателей при процессах отключения или подключения отдельных электроприемников;
- расчете параметров, влияющих на нарушение качества электроэнергии (в первую очередь токов) отдельных электроприемников;
- сопоставление мощности потребителя и мощности короткого замыкания в точке передачи электроэнергии;
- определение значения активной составляющей полной мощности нулевой последовательности, потребляемой из электрической сети, у рассматриваемого потребителя.

Данные методы направлены на выявление источников несимметрии напряжений, расположенных в электрических сетях потребителей, но в случае создания несимметрии напряжений в электрических сетях энергоснабжающей организации использование данных методов не может привести к правильному результату.

При проведении мониторинга качества электрической энергии в системах электроснабжения на первом этапе его проведения может быть актуальна задача первоначального определения места расположения источ-

ников нарушения качества, создающих значительную несимметрию напряжений. Очевидно, что для массового применения в сложных современных системах электроснабжения аппаратура, пусть и обеспечивающая первоначальный поиск источников, должна быть достаточно простой по своему построению, чтобы сократить трудозатраты на мониторинг и избежать вероятных ошибок персонала при проведении измерений.

Авторами статьи проведен анализ возможности использования параметров токов и напряжений нулевой последовательности для быстрого определения места возникновения несимметрии или же получения обоснованной информации, в какой сети располагается источник нарушения качества электрической энергии по напряжению нулевой последовательности — в электрической сети поставщика электроэнергии или же в электросетях потребителей. Чтобы рассмотреть более подробно возможное применение данного способа, выполним компьютерное моделирование как симметричного, так и несимметричных режимов работы простейшей схемы электроснабжения, состоящей из источника питания или поставщика электроэнергии и подключенного к ней потребителя электроэнергии.

Результаты

На рис.4 приведена схема такой компьютерной модели, разработанной в системе научно-технических расчетов MatLab, пакет расширения этой системы Simulink. Нагрузка потребителя электроэнергии принята по своему характеру чисто активной, что в большей степени характерно для потребителей электроэнергии жилищно-коммунального сектора, где в основном и фиксировались случаи нарушения симметрии напряжений авторами статьи при проведении мониторинга качества электроэнергии.

Междуфазное напряжение источника электроэнергии установлено равным 380 В, значение сопротивления источника, установленное при моделировании, определяет его большую мощность по сравнению с нагрузкой потребителя. Последовательно с фазой А источника питания системы электроснабжения соединяется дополнительный источник напряжения для использования его при моделировании расположения источника несимметрии в электрической сети поставщика электроэнергии, для чего с его помощью создается неравенство фазных напряжений. При первом моделировании значение его напряжения устанавливалось равным нулю.

Измерение электрических величин в компьютерной модели осуществляется следующими блоками:

- мультиметр Multimeter (измерение напряжений и токов нагрузки);

- 3-x phase meas (измеритель параметров режимов 3-х фазных цепей);
- Zero Seq (измеритель напряжения нулевой последовательности);
- Zero Seq1 (измеритель тока нулевой последовательности).

Для контроля и анализа работы моделируемой схемы значения измеренных параметров выводятся на соответствующие блоки индикации (дисплеи) с преобразованием мгновенных значений в действующие с помощью блоков RMS. Для напряжения нулевой последовательности выводится значение напряжения (Magnit U0) и фазового угла в градусах — Angle (Deg). Для тока нулевой последовательности выводится значение напряжения (Magnit I0) и фазового угла в градусах — Angle (Deg)1.

На рис. 4 показано моделирование полностью симметричного режима работы изучаемой простейшей системы электроснабжения. Как видно по показаниям дисплеев в данном режиме — ток и напряжение нулевой последовательности имеют значения, практически равные нулю.

На рис. 5 представлено моделирование несимметричного режима работы, причиной которого служит неравномерная нагрузка по фазам в электрической сети потребителя.

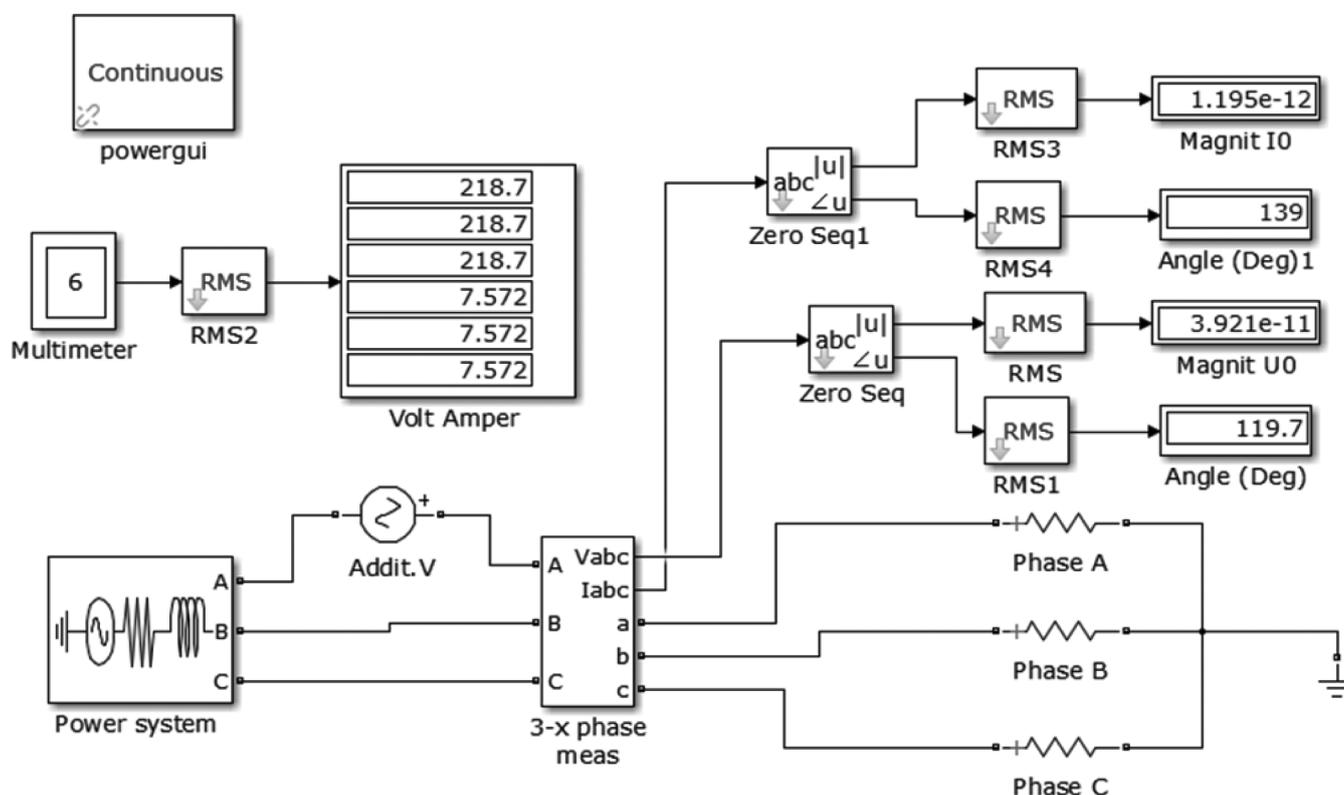


Рис. 4. Компьютерная модель для исследования режимов работы простейшей системы электроснабжения

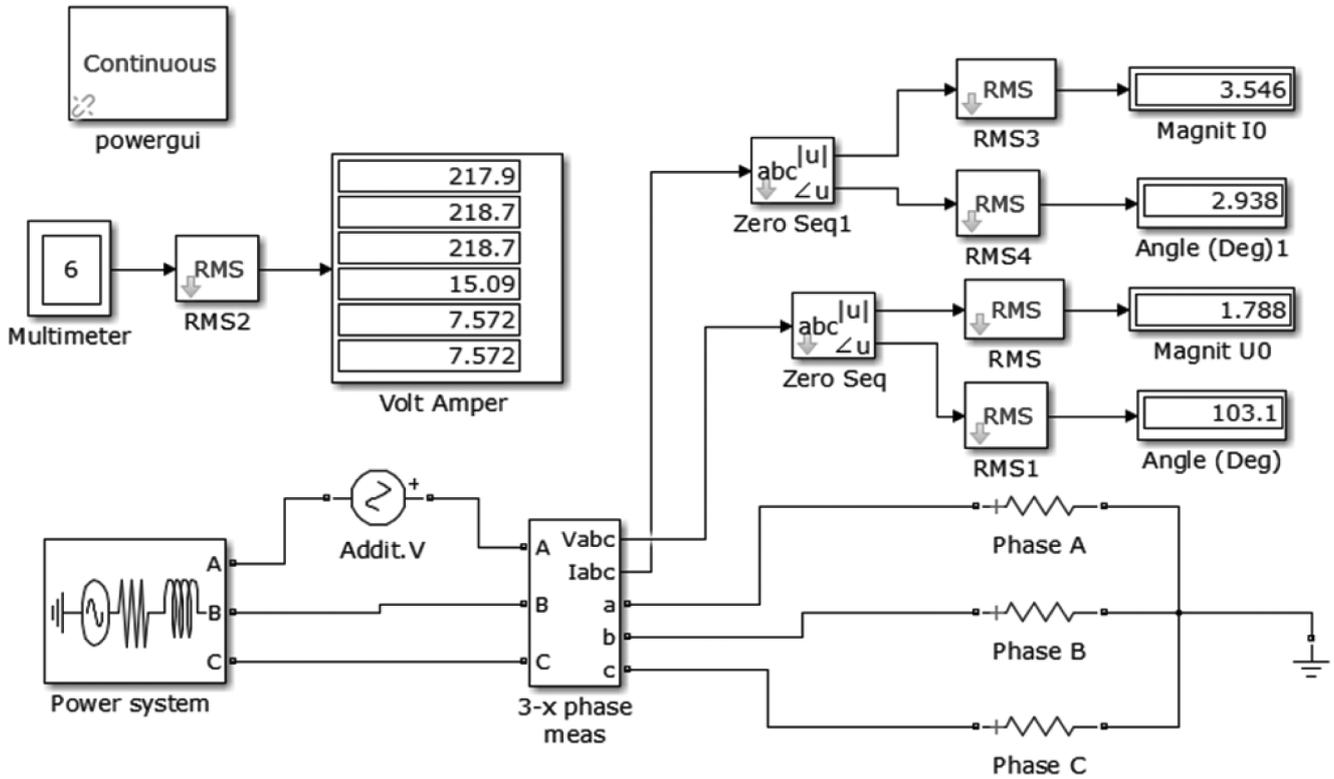


Рис. 5. Компьютерная модель при несимметричном режиме работы потребителя

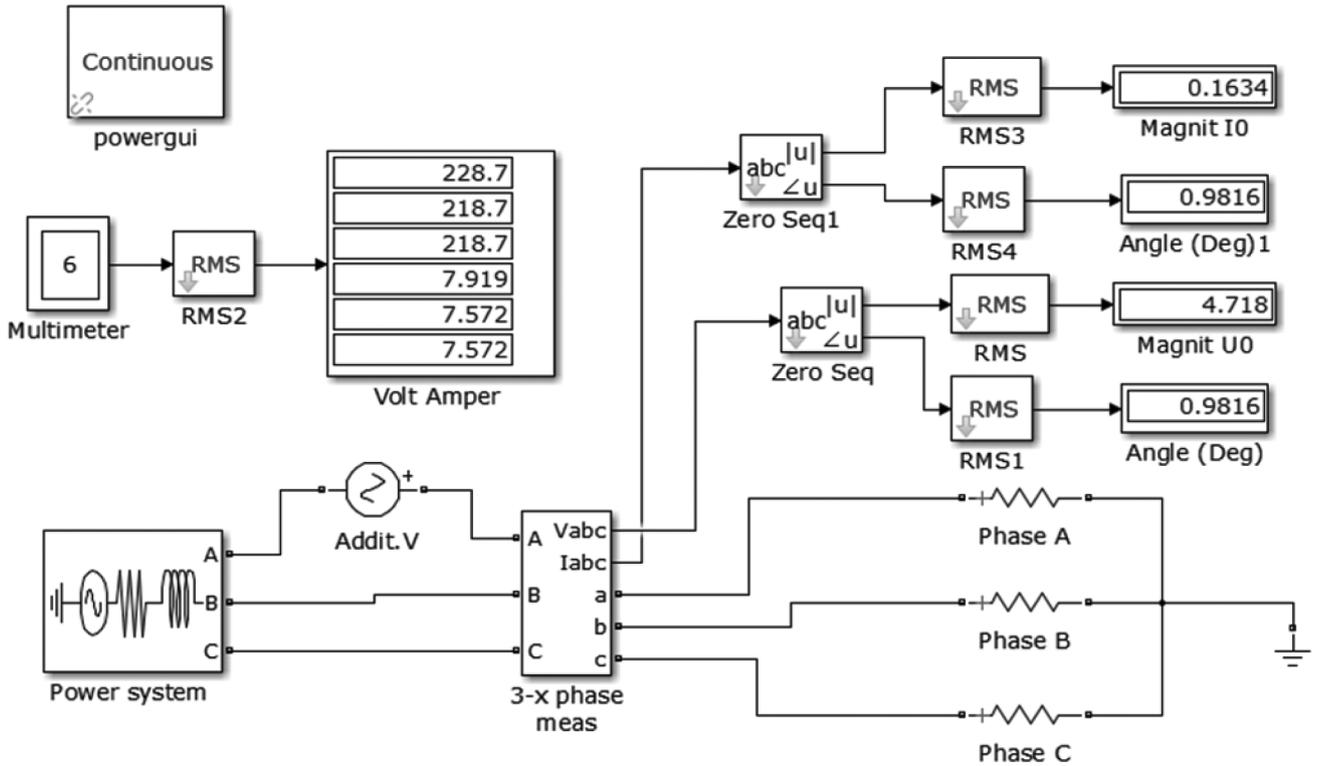


Рис. 6. Компьютерная модель при несимметричном режиме работы поставщика электроэнергии

В данной модели увеличена мощность нагрузки в фазе А (что видно по показаниям дисплея, подключенного к мультиметру). В отличие от предыдущего режима, напряжение и ток нулевой последовательности стано-

вятся отличными от нуля, что показывают соответствующие дисплеи.

Далее производилось моделирование возникновения несимметричного режима в электрической сети

поставщика электроэнергии (источника, питающего нагрузку потребителя) — рис. 6. Для этого было изменено напряжение дополнительного источника, включенного последовательно с фазой А основного источника питания. Значения мощности нагрузки в этом режиме были приняты одинаковыми.

Обсуждение

Произведем сравнение с предшествующим режимом (неравномерная нагрузка по фазам в электрической сети потребителя). Как в первом, так и во втором случае, ток и напряжение нулевой последовательности становятся отличными от нуля. Но изучение полученных данных показывает, что наблюдается резкое отличие от предыдущего режима по фазе напряжения нулевой последовательности. При несимметричном режиме работы потребителя (источник питания был симметричным) фаза этого напряжения составляла $103,1^\circ$, во втором же режиме, когда нагрузка потребителя была симметрична,

а источник несимметричным, данная фаза имела значение — $0,98^\circ$.

Заключение

Приведенные результаты моделирования различных режимов работы простейшей системы электроснабжения показывают возможность использования при мониторинге качества электрической энергии в случае выявления недопустимых значений несимметрии напряжения задачу по определению нахождения источника нарушения качества электрической энергии, хотя бы в первом приближении. Для этой цели необходимо использовать значения фазы напряжения нулевой последовательности. Определение значений как модулей, так и фаз токов и напряжений нулевой последовательности не является в наше время сложной технической задачей и может быть достаточно просто выполнимым на базе современных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коверникова Л.И., Суднова В.В., Шамонов Р.Г. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению. Новосибирск: Наука, 2017. 219 с.
2. Коверникова Л.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Н. Качество электроэнергии в ЕЭС России: Текущие проблемы и необходимые решения // Электроэнергия: Передача и распределение. 2016. № 2(35). С. 28–38.
3. Дед А.В., Сикорский С.П., Смирнов П.С. Некоторые вопросы сертификации электрической энергии по показателям качества // Омский научный вестник. 2017. № 5 (155). С. 89–92.
4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.
5. Дворкин Д.В., Силаев М.А., Тульский В.Н. и др. Проблемы оценки вклада потребителя в искажение качества электроэнергии // Электричество. 2017. № 7. С. 12–19. doi: 10.24160/0013-5380-2017-7-12-19.
6. Авербух М.А., Жилин Е.В. Влияние нелинейной и несимметричной нагрузки на систему электроснабжения жилых микрорайонов // Промышленная энергетика. 2017. № 12. С. 40–45.
7. Дед А.В., Сикорский С.П., Смирнов П.С. Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций // Омский научный вестник. 2018. № 2 (158). С. 60–64. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-158-60-64.
8. Bellan D. On the statistics of noisy space vector in power quality analysis // International Journal of Engineering and Technology. 2016. Vol 8(5). Pp. 2177–2183. doi: 10.21817/ijet/2016/v8i5/160805050.
9. Белицкий А.А., Шклярский Я.Э. Оценка добавочных потерь мощности в электрических сетях с нелинейной и несимметричной нагрузкой // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 7. С. 86–93.
10. Коверникова Л.И. Активные мощности гармоник в узле присоединения нелинейных нагрузок в сети высокого напряжения // Электричество. 2017. № 3. С. 12–20.
11. Manap M., Jopri M.H., Abdullah A.R. et al. A verification of periodogram technique for harmonic source diagnostic analytic by using logistic regression // TELKOMNIKA. 2019. Vol. 17. №1. pp. 497–507. doi:10.12928/TELKOMNIKA.v17i1.10390.
12. Lei D., Yang Yu., Zhang S., Qin B., Zhang Xu. An estimation algorithm of harmonic source location based on ELM. ICIEA 2019: Proceedings of the 14th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications; 19-21 June 2019; Xi'an, China: IEEE. doi: 10.1109/ICIEA.2019.8834307
13. Bellan D. Approximate circuit representation of voltage unbalance emission due to load asymmetry in three-phase power systems. GEMCCON 2018: Proceedings of the 4th Global electromagnetic compatibility conference; 7-9 Nov. 2018; Stellenbosch, South Africa: IEEE. doi: 10.1109/GEMCCON.2018.8628545.
14. Raheel M., Umair T. Analytical behaviour of line asymmetries in three phase power systems. RAEE 2017: Conference: Proceedings of the International symposium on recent advances in electrical engineering; 24–26 Oct. 2017; Islamabad, Pakistan: IEEE. doi: 10.1109/RAEE.2017.8246143.
15. Альмиева Д.С., Галеева Р.У. Влияние несимметрии напряжения по обратной последовательности на характеристики высоковольтных асинхронных двигателей // Труды III российской молодежной научной школы-конференции «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи»; 21–23 октября 2015 г., Томск. Томск: СКАН, 2015. С. 184–188.
16. Романова В.В., Хромов С.В. Определение вероятности возникновения несимметрии напряжений, снижающих надёжность асинхронных двигателей // Материалы конф. ГНИИ «Нацразвитие»: сб. избр. ст. Санкт-Петербург: Изд-во ГНИИ, 2017. С. 80–86.

17. Сафонов Д.Г., Ощепков В.А., Гиршин С.С. Определение напряжения нулевой последовательности с учетом естественной несимметрии параметров воздушной линии электропередачи // Омский научный вестник. 2016. №1(145). С. 58–60.
18. Костюков Д.А. Оценка вклада потребителя в несимметрию напряжений по нулевой последовательности в точке общего присоединения // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2018. № 6 (69). С. 24–34.
19. Руди Д.Ю., Коровин Д.А. Исследование коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в распределительных сетях низкого напряжения // Труды VI Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы»; июль 2018 г., Санкт-Петербург. СПб.: Свое издательство, 2018. С. 38–43.
20. Романова В.В., Дейс Д.А., Хромов С.В. Влияние искажения симметрии питающей сети на режимы работы асинхронного двигателя // Новый взгляд. Международный научный вестник. 2016. № 11. С. 134–142.
21. Руди Д.Ю., Качук Н.А. Негативное влияние несимметрии и методы их устранения в системе электроснабжения // Труды XX Международной научно-практической конференции «Теория и практика современной науки»; 22 марта 2017 г., Омск. Омск: Олимп, 2017. С. 87–91.

© Бирюлин Владимир Иванович (bir1956@mail.ru); Куделина Дарья Васильевна (mary_joy@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРНО-ВОЛНОВОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНА В ВОДОРОДОПОДОБНОМ АТОМЕ

SIMULATIO NUMERALIS MOTUS TRAJECTORIAE — UNDAE ELECTRONICI IN ATOMO HYDROGENII SIMILI

**N. Valishin
Ya. Karov
S. Sadriev**

Summary. In hoc opere scientifico, simulatio numeralis motus electronici in atomo hydrogenii similis exercetur. Motus electronici trajectoria et unda in atomo hydrogenii simul considerantur. Secundus ordo aequationis differentialis partialis solvitur cum limite et condicionibus initialibus oriundis ex methodo v functionis. Applicando methodum separationis variabilium et componentium radialem considerans, aequatio differentialis ordinaria secundi ordinis numero solvitur per Methodum Runge-Kutta quarti ordinis.

Keywords: mathematica sculpturae, hydrogenii, sicut atom, trajectoriam, fluctus motus, fluctus aequatio.

Валишин Наиль Талгатович

Кандидат физико-математических наук, доцент,
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ
vnailt@yandex.ru

Каров Ярослав Сергеевич

Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ
iarik.karov@mail.ru

Садриев Самат Илхамович

Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ
sadrievsamat4@gmail.com

Аннотация. В данной научной работе проводится численное моделирование движения электрона в водородоподобном атоме. Рассматривается одновременно и траекторное и волновое движение электрона в атоме водорода. Решается уравнение в частных производных второго порядка с заданными граничными и начальными условиями вытекающие из метода V-функции. Применяя метод разделения переменных и рассматривая радиальную составляющую, численно решается обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

Ключевые слова: математическое моделирование, водородоподобный атом, траекторно-волновое движение, волновое уравнение.

Согласно методу V-функции [1-3], траекторное движение объекта, которое описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений,

$$\dot{x} = f(x) \quad (1)$$

где $x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ — вектор фазовых координат, $x \in R^n$, сопряжено волновым движением, удовлетворяющим уравнению

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - x^T W \dot{x} = 0, \quad W = \left[\frac{\partial^2 V(x, t)}{\partial x_i \partial x_j} \right] \quad (2)$$

где $V(x, t)$ — кусочно-непрерывная, конечная, функция (V-функция) ($x \in R^n, t \in T$).

Рассмотрим движение частицы в трехмерном потенциальном поле сил в прямоугольной системе координат. При условии, что уравнения траектории объекта (1) имеют первый интеграл движения, система уравнений (1) и (2), которые полностью определяют траекторно-волновое движение объекта, преобразуются в виду:

$$\begin{cases} \frac{m\vartheta^2}{2} + U = E, \\ \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \vartheta^2 \Delta V = 0. \end{cases} \quad (3)$$

В системе (3) второе уравнение с учетом первого примет вид:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \frac{2(E - U)}{m} \Delta V = 0, \quad (4)$$

Чтобы изучить волновые свойства движения будем решать уравнение (4) с начальными условиями $V(x, y, z, 0) = 0$; $V_t(x, y, z, 0) = \text{const}$ и граничными условиями: $V(x, y, z, t)|_M = 0$; $|\text{grad}V(x, y, z, t)|_M = \bar{C}_i V(x, y, z, t)|_M = 0$, которые следуют из метода V-функции.

Уравнение (4) позволяет разделить переменные ($V = X(x, y, z)T(t)$), в результате получаем следующие уравнения

$$\frac{d^2 T}{dt^2} + \omega^2 T = 0, \quad (5)$$

$$\frac{2(E - U)}{m} \Delta X + \omega^2 X = 0. \quad (6)$$

Если рассматривается движение частицы (электрона) в кулоновском поле сил (водородоподобный атом), в этом случае уравнение (6) принимает вид $\frac{2(E + Ze^2 / r)}{m} \Delta X + \omega^2 X = 0$, или

$$\left(-\beta_0^2 + \frac{\alpha}{r}\right) \Delta X + \omega^2 X = 0, \tag{7}$$

где $\beta_0^2 = -\frac{2E}{m}$, $\alpha = \frac{2Ze^2}{m}$.

Для удобства в уравнении (7) перейдем к сферической системе координат, ($X = R\Phi\Theta$) и будем рассматривать уравнение для радиальной составляющей:

$$\frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{r^2 \omega^2}{-\beta_0^2 + \frac{\alpha}{r}} R - l(l+1)R = 0. \tag{8}$$

Сделаем в уравнении (8) замену $R = u/r$, тогда имеем

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \left(\frac{k_0^2 \alpha}{\alpha - \beta_0^2 r} - k_0^2 - \frac{l(l+1)}{r^2} \right) u = 0, \tag{9}$$

где $k_0^2 = \frac{\omega^2}{\beta_0^2} = -\frac{\omega^2 m}{2E}$.

Уравнения (9) при $(r \rightarrow \infty)$ имеет асимптотическое решение, тогда его общее решение запишем в виде $u = c_1 u_-(r) + c_2 u_+(r) = e^{-k_0 r} f_-(r) + e^{k_0 r} f_+(r)$. Подставив его в (9) при $l = 0$, получим следующие уравнения:

$$f''_{\pm}(r) \pm 2k_0 f'_{\pm}(r) + \frac{\beta_1}{r_0 - r} f_{\pm}(r) = 0, \tag{10}$$

где $\beta_1 = k_0^2 \alpha / \beta_0^2 = \frac{1}{2} Ze^2 \omega^2 m_e / E^2$.

Решение уравнения (10) будем искать в виде следующего степенного ряда $f_{\pm}(r) = \sum_{m=0}^{\infty} a_m^{(\pm)} (r_0 - r)^m$. Уравнение (10) после данной подстановки принимает вид

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[(n+1) n a_{n+1}^{(\pm)} \mp 2k_0 n a_n^{(\pm)} + \beta_1 a_n^{(\pm)} \right] (r_0 - r)^{n-1} = 0, \tag{11}$$

Для случая $f_{\pm}(r)$ степенной ряд (11) обрывается при условии $\beta_1 = 2k_0 n$. Тогда из этого равенства, учитывая связь связи частоты и энергии $2E = \hbar \omega$, вытекающего из оптико-механической аналогии [1, 3] находим значение энергии n -го состояния электрона в водородоподобном атоме

$$E_n = -\frac{Z^2 e^4 m_e}{2 \hbar^2 n^2}. \tag{12}$$

Поскольку уравнение (9) при ненулевом значении l приводит к тем же значениям энергии, что и при $l = 0$, мы можем использовать решение данного уравнения при $l = 0$ для получения решений (9) при соответствующих значениях энергии. Произведем преобразование уравнения (9) в форму, удобную для численного решения.

$$\begin{aligned} \frac{d^2 u}{dr^2} + \left(\frac{k_0^2 \beta_0^2 r}{\alpha - \beta_0^2 r} - \frac{l(l+1)}{r^2} \right) u &\Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{d^2 u}{dr^2} + \left(\frac{k_0^2 r}{r_0 - r} - \frac{l(l+1)}{r^2} \right) u &= 0, \end{aligned} \tag{13}$$

где $r_0 = \frac{\alpha}{\beta_0^2}$. Введем в уравнении (13) безразмерную величину $x = \frac{r}{r_0}$. Тогда

$$u'_r(x(r)) = u'_x x'_r \Rightarrow u'_r = \frac{u'_x}{r_0}, \quad u''_{rr} = \frac{u''_{xx}}{r_0^2}$$

и уравнение (13) принимает вид

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + \left(\frac{k_0^2 r_0^2 x}{1-x} - \frac{l(l+1)}{x^2} \right) u = 0, \tag{14}$$

где

$$k_0^2 r_0^2 = \frac{\omega^2 m_e}{2|E|} \left(\frac{e^2}{E} \right) = \left(\frac{2E}{\hbar} \right)^2 \frac{m_e e^4}{2|E^3|} = \frac{2m_e e^4}{\hbar^2} = 4n^2.$$

Тогда окончательно из (14) получим следующее уравнение

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + \left(\frac{4n^2 x}{1-x} - \frac{l(l+1)}{x^2} \right) u = 0. \tag{15}$$

Для решения уравнения (15) с начальными условиями $u(x=0) = 0$, $u'(x=0) = c$ был использован метод Рунге-Кутты четвёртого порядка. Приближенные значения в последующих точках находились с использованием итерационной формулы, специально разработанной для данного метода: $y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$. Для вычисления нового значения функции в данном алгоритме применяются 4 стадии или этапа. Каждая стадия включает в себя необходимые вычисления для получения приращения функции и определения следующего значения. Такая последовательность стадий обеспечивает точность и надежность численного решения в рамках метода Рунге-Кутты 4-5 порядка:

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_n, y_n), \\ k_2 &= f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} k_1\right), \\ k_3 &= f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} k_2\right), \\ k_4 &= f(x_n + h, y_n + h k_3). \end{aligned}$$

Параметр h представляет собой величину шага по оси x . Метод Рунге-Кутты четвёртого порядка точности, используемый в данном случае, означает, что ошибка на каждом отдельном шаге имеет порядок $O(h^5)$, а суммарная ошибка на конечном интервале интегрирования имеет порядок $O(h^4)$. Это свидетельствует о высо-

кой точности и надежности данного метода в численном решении уравнения.

С использованием алгоритма, основанного на методе Рунге-Кутты четвертого и пятого порядка точности, были численно решены все уравнения. Данный алгоритм предназначен для определения приращения функции и обладает высокой точностью. Результаты выполнения алгоритма представлены в виде графиков функций, которые наглядно демонстрируют полученные значения:

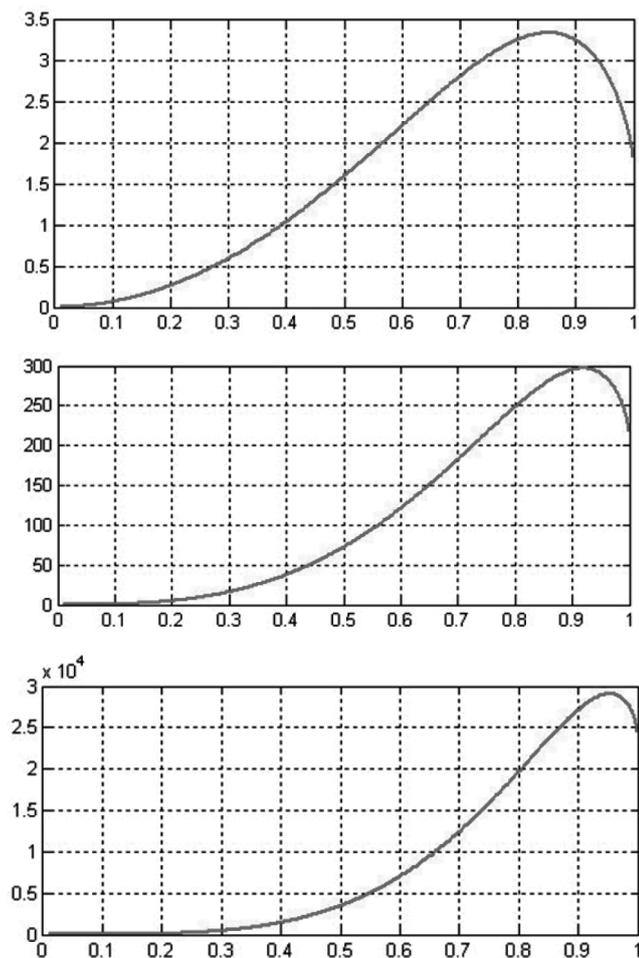


Рис. 1. Стационарное решение для волны электрона ($n = 1$). при $l = 1$. $l = 2$. $l = 3$

В процессе моделирования движения электрона в кулоновском поле сил без учета угловых координат, метод V-функции позволяет установить правила квантования энергии водородоподобного атома, которые согласуются с классическими результатами Шредингера и Бора [4, 5]. Метод V-функции, учитывая начальные и граничные условия, обеспечивает дискретность энергии, что позволяет лучше понять природу волна-частица в сравнении с волновой функцией Шредингера [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Valishin N.T., Valishin F.T. V-function method: some solutions of direct and inverse dynamics problems in a new statement // *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences* 2019, N 1, pp.70–81.
2. Valishin N.T. To Physical Statement of a Controllability Problem. // *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, Vol. 11, Special Issue-05, 2019, pp.1708–1713.
3. N.T. Valishin, A.I. Volkov, Z.F. Bildanova and V.A. Selivanova To continue the optical-mechanical analogy // *Journal of Physics: Conference Series* 1679 (2020) 022016
4. Schrödinger E., Quantisierung als Eigenwertproblem (I Mitt) *Annalen der Physik*, 1926, Bd 79, S.361–376; (II Mitt) — *Ibid.*, S.489–527; (III Mitt) — *Ibid.*, Bd 80, S.437–490; (4 Mitt) — *Ibid.*, Bd 81, S.109–139.
5. Bohr N, On the constitution of atoms and molecules. — *Philosophical Magazine*, 1913, v. 26, p.1–25, 476–502, 857–875.

© Валишин Наиль Талгатович (vnait@yandex.ru); Каров Ярослав Сергеевич (iarik.karov@mail.ru);

Садриев Самат Илхамович (sadrievamat4@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ LLM (НА ПРИМЕРЕ CHATGPT)

AN INNOVATIVE METHOD FOR IMPROVING EDUCATIONAL PROCESS EFFICIENCY USING LLM TECHNOLOGY

**A. Volkov
T. Otbetkina
A. Vidmanova**

Summary. Today, higher education is experiencing an unprecedented transformation due to changes in the educational environment itself and the impact of external factors on all sectors of the economy. The authors of this article examined new tools and technologies and developed a new innovative paradigm for applying artificial intelligence to enhance the educational process. This approach is based on the application of LLM technology; its goal is to provide the best learning environment for students while reducing the routine iterations for a teacher, which, in turn, will help increase their creative potential. This article provides a detailed overview of the new approach and shows how it can be applied in practice. A case study was conducted to demonstrate its effectiveness and the results confirmed the relevance and usefulness of this approach. Over the course of a semester, over one hundred students were involved in this trial study. Ultimately, this study determined the types of questions students addressed using the suggested tool and the impact of the tool on teachers' and students' motivation. It also provided an analysis of the responses to determine the impact and effectiveness of this approach on the educational process.

Keywords: learning management, educational data, artificial intelligence, ChatGPT, LLM.

Волков Александр Александрович

Кандидат технических наук, НИТУ МИСИС (г. Москва)

volkov@edu.misis.ru

Отбеткина Татьяна Алексеевна

Директор центра «Академия данных made»,

НИТУ МИСИС (г. Москва)

otbetkina.ta@misis.ru

Видманова Анна Николаевна

НИТУ МИСИС (г. Москва)

vidmanova.a@gmail.com

Аннотация. Сегодня высшее образование переживает изменения беспрецедентного масштаба как из-за изменений в самой образовательной среде, так и из-за воздействия внешних факторов на все отрасли экономики. Авторы статьи исследовали новые инструменты и технологии и разработали новую инновационную парадигму применения искусственного интеллекта для повышения уровня образовательного процесса. Этот подход основан на применении технологии ChatGPT, его целью является обеспечить наилучшие условия обучения для студентов и одновременно уменьшить количество рутинных итераций преподавателя, что, в свою очередь, поможет повысить его творческий потенциал. В статье представлен подробный обзор нового подхода и показано, как он может быть применен на практике. Для демонстрации его эффективности было проведено тематическое исследование, результаты которого подтвердили актуальность и полезность подхода. На протяжении семестра более ста студентов были задействованы в испытании. В конечном итоге были определены типы вопросов, с которыми студенты обращались к предложенному инструменту, влияние используемого инструмента на мотивацию преподавателя и студентов, а также анализ ответов для определения влияния на эффективность образовательного процесса.

Ключевые слова: управление обучением, образовательные данные, искусственный интеллект, ChatGPT.

Введение

В настоящее время образование является одной из самых динамично развивающихся сфер, и применение новых технологий в учебном процессе играет ключевую роль в повышении его эффективности. В частности, большие языковые и мультимодальные модели, такие как ChatGPT, продемонстрировали впечатляющие возможности и начинают широко применяться в реальном мире [2].

Основные принципы использования новых технологий в образовательном процессе зависят от целей, которые ставят перед собой образовательные учреждения и преподаватели. Однако, в целом, важно обеспечить доступность новых технологий, обучение их использо-

ванию и настройке, а также обеспечению безопасности и конфиденциальности данных при их использовании. Кроме того, необходимо учесть этические аспекты, связанные с применением искусственного интеллекта в образовании, например, прозрачность и объяснимость принятия решений, и изучить, как новые технологии могут повысить эффективность образовательного процесса и сделать его более удобным и доступным для всех участников.

В этом контексте наиболее остро стоит вопрос способов повышения эффективности образовательного процесса с применением технологий искусственного интеллекта. При этом важно выделить ресурсы на изучение технологий, определить достижимые и измеримые цели использования новых инструментов, провести тестиро-

вание и анализ промежуточных результатов, обозначить и снизить возможные риски.

В статье авторы рассмотрят метод повышения эффективности образовательного процесса с использованием технологии ChatGPT и проанализируют какие преимущества и риски с этим связаны.

Литературный обзор

Когда появляется новая технология, она в первую очередь используется как замена тому, что было раньше, а затем постепенно пользователи осознают все новые возможности, которые эта технология открывает. Так, использование технологий видеосвязи уже давно перешли от воспроизведения традиционного класса к более интерактивной форме обучения с одновременным использованием видео, чата и презентаций. При этом есть возможности для гораздо большего развития новых технологий. Значительный прорыв в применении в сфере образования получила технология ChatGPT — Generative Pre-trained Transformer, которая представляет собой модели искусственного интеллекта, разработанные компанией Open AI. Эти модели используют нейронные сети для генерации тестовых последовательностей, ответов на вопросы и т.д. на основе обучения на больших объемах текстовых данных. ChatGPT предназначен для создания автоматических чат-ботов и других приложений, которые используют обработку естественного языка.

Технология ChatGPT открывает новые возможности для исследователей, преподавателей и обучающихся, такие как обучение программированию, оптимизация, проверка ошибок и отладка в коде, концептуальное понимание и многое другое [12].

Так, в 2023 году Министерство образования ОАЭ объявило о работе над созданием ботов-тьюторов на основе алгоритмов, схожих с алгоритмами ChatGPT и Google Bard [4]. ИИ-тьюторы будут использоваться в качестве помощника в изучении той или иной темы, для получения мгновенной обратной связи и индивидуальной поддержки студентов, а также инструмента для более интерактивного и вовлекающего обучения. Компания Skyeng объявила о внедрении в образовательный процесс виртуального собеседника на базе GPT-4 [11]. Инструмент включает в себя не только имитацию живого диалога, который помогает ученикам развивать навыки общения, а также может самостоятельно моделировать развитие диалога, анализировать ответы пользователей и давать обратную связь, выделяя ошибки. Общение возможно как в письменном, так и в устном формате.

Недавнее исследование JMIR Medical Education [8] оценило потенциал ChatGPT как инструмента медицинского образования. Исследование показало, что

ChatGPT достигает уровня, эквивалентного проходному баллу для студента-медика третьего курса, что дает представление о текущих возможностях ChatGPT и иллюстрирует огромный потенциал для медицинского образования, исследований и практики, но также указывает на текущие проблемы и ограничения. В аналогичном исследовании [6] ChatGPT выдвинул идеи о том, как использовать чат-ботов в медицинском образовании, продемонстрировал свои возможности по созданию виртуальной симуляции пациента и опросников для студентов-медиков, разработал учебную программу для медицинских работников и т.д.

Ряд исследований показывает широкое применение ChatGPT в рамках программирования. Так, например, исследование того, как ChatGPT выполняет задания по тестированию программного обеспечения [9], показали, что технология может предоставить правильные или частично правильные ответы в 55,6 % случаев и предоставить правильные или частично правильные объяснения ответов в 53,0 % случаев, и что запрос инструмента в контексте общего вопроса приводит к незначительно более высокому проценту правильных ответов. Другое исследование [3] показывает эффективность использования ChatGPT в качестве помощника по программированию для разработки задач в HTML, CSS и JavaScript-коде: ChatGPT позволяет получать подробные программные решения и сокращать время, связанное с программированием. Исследование на примере экономики и финансов [1] по повышению академической успеваемости с использованием ChatGPT показало, что технология обладает потенциалом для значительного улучшения академической успеваемости в сфере образовательных программ, связанных с экономикой и финансами. Исследуя математические возможности ChatGPT некоторые авторы пришли к выводу, что вопреки многим положительным отзывам в средствах массовой информации, математические способности ChatGPT значительно ниже, чем у аспиранта математического направления. Результаты [7] показывают, что ChatGPT часто понимает вопрос, но не может предоставить правильные решения.

В юридической школе Университета Миннесоты использовали ChatGPT для генерации ответов на нескольких реальных экзаменах [5]. Результаты были оценены вслепую в рамках обычного процесса выставления оценок. Более 95 вопросов с множественным выбором и 12 вопросов-эссе ChatGPT выполнил в среднем на уровне C+, получив низкий, но проходной балл. В некоторых исследованиях [10] проводится сравнительный анализ ChatGPT и уже традиционных переводчиков для машинного перевода текста, включая такие критерии как оперативность перевода, многоязычный перевод и надежность перевода. Результаты обнаружили, что ChatGPT конкурирует с коммерческими переводческими продуктами (например, Google Translate) на европейских язы-

ках с высоким ресурсом, но значительно отстает на языках с низким ресурсом или удаленных языках. При этом указывается, что технология работает не так хорошо, как коммерческие системы, с биомедицинскими текстами, но демонстрирует хорошие результаты в разговорной речи.

Очевидно, что технология ChatGPT открывает возможности для обучения, которые ранее были невозможны, такие как обучение на естественном языке, генерация текстов и ответов на основе контекста, предоставление персонализированных рекомендаций. Все это позволяет существенно улучшить эффективность и результаты обучения, сделать его более доступным и комфортным для студентов. Высшему учебному заведению нужно стать намного более креативными при тестировании новых приложений. И при этом важно обеспечить условия, чтобы студенты и преподаватели продолжали развивать свои навыки цифровой грамотности.

Материалы и методы

Данное исследование было осуществлено с использованием методов языкового моделирования, в качестве инструментов были использованы языковая нейросеть ChatGPT, мессенджер Telegram и контент одного из курсов магистратуры. Исследование проводилось в рамках одной учебной группы для изучения возможностей языковой нейросети в качестве инструмента повышения эффективности образовательного процесса.

Их этических соображений и общего недоверия в инструменту ChatGPT [2] была построена цифровая личность преподавателя, при этом студенты не знали, что общаются с инструментом на базе искусственного интеллекта. Для контроля чат просматривался реальным преподавателем дисциплины. Мессенджер Telegram использовался в качестве интерфейса (midjourney avatar), представленного студентам в качестве контактного аккаунта преподавателя учебной дисциплины. Имя и фотография были сгенерированы нейросетью (рисунок 1).

Были применены ограничения времени ответов: если вопрос поступал в период с 8:00 am до 12:00 pm, то время ответа составляло не более 15 минут; если вопрос поступал после 12:00 pm, то планировался отложенный ответ (после 8:00 am).

Контекстом служило содержание учебной дисциплины, количество токенов не превышало 25 000. Токен при этом принимается за всестороннее описание ядра слова с возможными вариациями, вместительность токена равна 32 000, что составляет порядка 25 000 слов на английском языке и 12 000 на русском языке. Выбор LLM может основываться как на личных предпочтениях исследователя, так и на более объективных параметрах,

при этом носит косвенный характер влияния на эффективность системы. Более существенным авторы видят способ формирования index. Так, векторное формирование index осуществляется с помощью LLM модели, которая размечает куски текста заданного размера (задается исследователем), а также задает размеры кусков текста. Сформированные данные векторов записываются в базу, по которой и происходит поиск ответа. При этом осуществляется поиск вектора, который ближе всего соответствует вопросу, затем он используется для формирования контекста (рисунок 2).

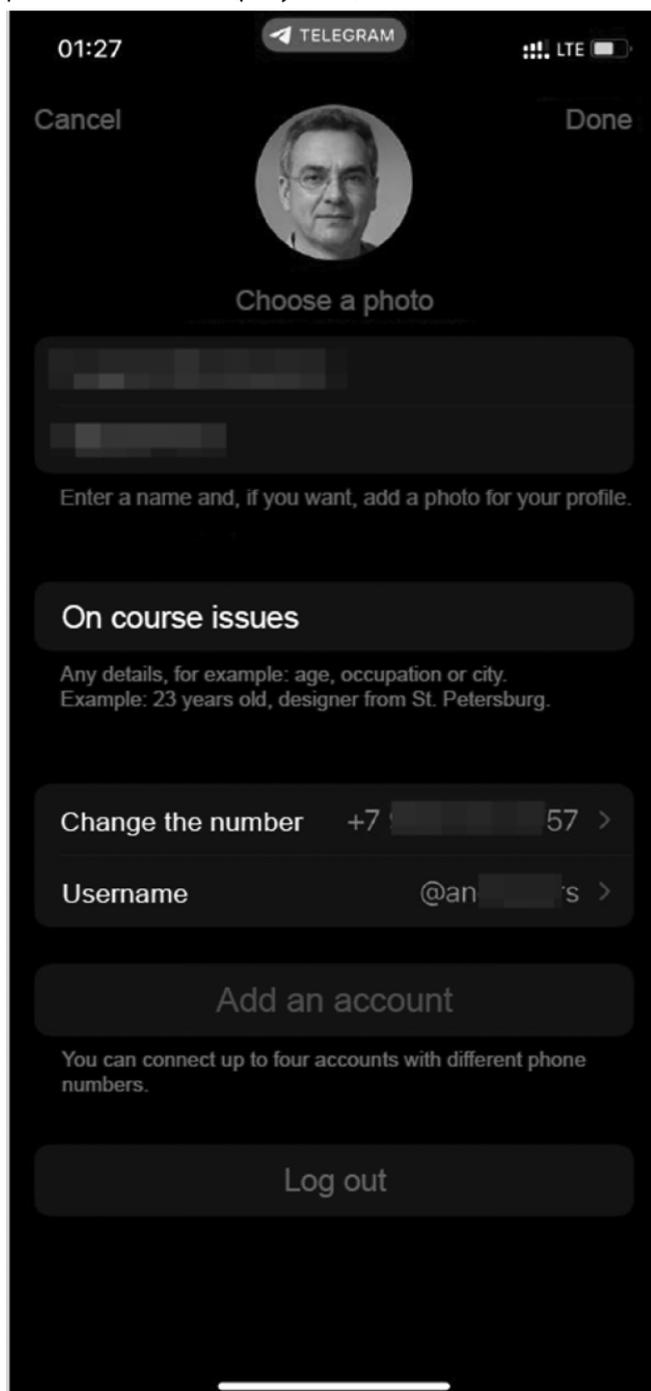


Рис. 1. Скриншот аккаунта в мессенджере Telegram

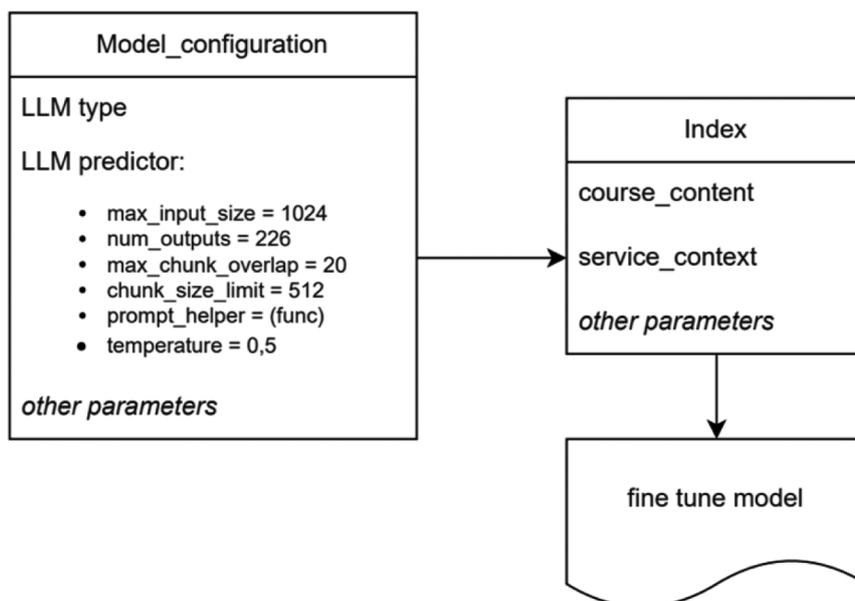


Рис. 2. Схема подготовки контекста

Предметом исследования были следующие параметры:

- температура ответа (от 0 до 2);
- объем контекста;
- источник контекста (библиотека университета, материалы учебной дисциплины, ответы Open AI);
- способ формирования index.

Студенты не были ограничены контексте и количестве вопросов и считали, что обращаются к реальному преподавателю дисциплины. При этом формулировка запроса подразумевала наличие так называемых скрытых условий: контекста в виде содержания как текущей учебной дисциплины, так и предыдущего бэкграунда, а также предыдущего диалога, если коммуникация не являлась первичным обращением студента к преподавателю. Период исследования составил 1 учебный семестр.

Процесс формирования ответа на вопрос студента (рисунок 3) был реализован следующим образом: через интерфейс Telegram студент отправлял вопрос преподавателю. Данный запрос входил в параметры формирования prompt, затем LLM осуществляла выбор варианта ответа: 1) если ответ был найден в контексте, то на его основе создавался текст ответа; 2) если ответ в контексте не найден, то запрос перенаправлялся преподавателю, который отвечал в ручном режиме.

Результаты и обсуждение

В результате исследования были проанализированы вопросы студентов, которые можно разделить на несколько типов:

1. вопросы по организации обучения (забыл пароль, не могу войти, где найти ссылку для подключения

и пр.). Выяснилось, что несмотря на то, что техническая поддержка работает в режиме 24/7, студенту оказалось проще задать вопрос преподавателю напрямую через личный чат;

2. вопросы на понимание предмета, в том числе с отсутствием или провалом в знаниях по предыдущим предметам (забыл, обновляет память);
3. «умные» вопросы — когда студент превышает уровень курса (хочу узнать больше).

Сервис чата с искусственным интеллектом показал себя эффективным в ответах на вопросы 1 и 2 типа: бенчмарк — «как бы ответил сам преподаватель». При этом работа только с источниками контекста из библиотеки университета оказалось невозможной из-за ограничения Open AI в 32 000 токенов. Параметр «температура» был равен 0.

Модель работала гораздо лучше с источником контекста из текущего курса: эффективность ответа была на 98 % выше. В качестве контента для размеченной модели идеально подходит формат «лонгрид». Видео с помощью нейросети могло быть интерпретировано в текст, на основе которого создавался контекст. Параметр «температура» был равен 0,5.

Модель, использующая в качестве контекста свои источники (Open AI) показала себя крайне неэффективной ввиду своей непредсказуемости, что в академических целях недопустимо. Параметр «температура» был равен 2.

Не менее важным представляется рассмотреть экономическую эффективность внедряемого инструмента.

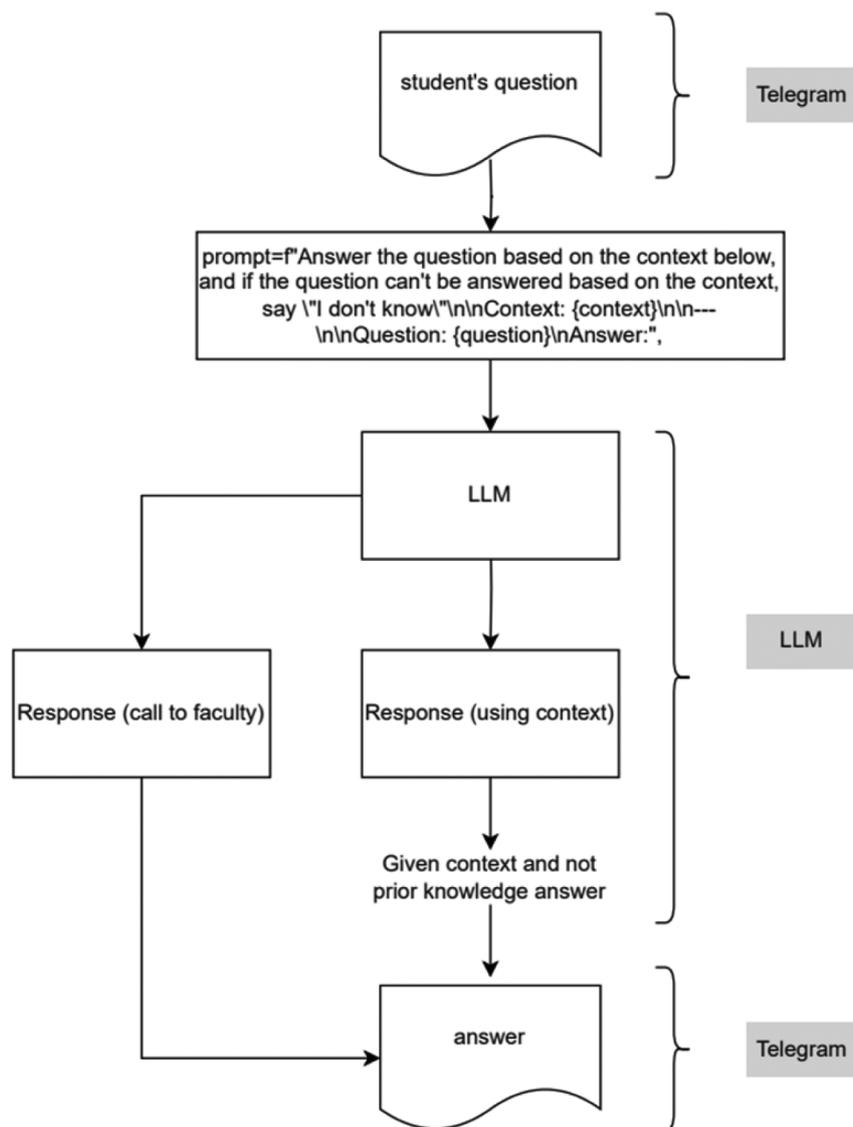


Рис. 3. Схема подготовки ответа на вопрос

В основном, работа преподавателя состоит из нескольких основных видов: аудиторная нагрузка, научно-исследовательская деятельность, методическая работа — консультации и ответы на вопросы студентов.

Для расчета возьмем за базу следующие данные:

1. Средняя рабочая нагрузка преподавателя — 36 часов в неделю, из них на консультации, которые мы можем отправить на цифрового помощника как показал эксперимент тратится порядка 0,5 часа в неделю. Суммарно за семестр это составит порядка 9 часов по одной дисциплине.
2. Средняя зарплата преподавателя = \$1300 в месяц, 1 час работы стоит \$9.

Таким образом затраты на консультационную работу одного преподавателя по одной дисциплине составляют \$360 в год. В рамках университета с количеством программ равным 150, эта стоимость составит порядка \$54 000 в год.

Стоимость развертывания системы с применением LLM представлена в таблице на след. странице с учетом различных параметров.

То есть, единовременные затраты составят от \$255 до чуть более \$1150, что в десятки раз меньше затрат на консультационную работу преподавателя.

Сэкономленное на данном виде работ время преподаватели могут потратить на научно-исследовательскую деятельность, что является для многих университетов одним из приоритетных направлений для развития: публикационная активность, привлечение грантов для исследовательской деятельности и т. д. Подтверждением этого служит и обратная связь от преподавателя, которая показала, что у него выросла мотивация к работе. Бот снял рутину в ответах на типовые вопросы (вопросы 1 типа), которые вызывали раздражение, также как и вопросы от студентов с уровнем знаний ниже сред-

него по группе (вопросы 2 типа). В то время как вопросы 3 типа мотивируют и вдохновляют преподавателя на творческую реализацию. Стоит отметить тот факт, что ответы, построенные с помощью созданного инструмента, носят высокий показатель эмпатии, что является продуктивным как для студента в плане повышения мотивации, так и для имиджа преподавателя.

Таблица 1.

Затраты на развертывание системы с применением LLM

Статья	Стоимость	Примечание
Installing and configuring the server	\$200	hardware compatibility check, server system deployment, configuration and minimal configuration for the task, driver installation and etc
RAM 16–32Gb	\$55 — \$90	
VRAM 16–24Gb	\$730 — \$860	
Repository	free	
GPT-4	\$0.06 / 1K tokens \$0.12 / 1K tokens	32K context model Prompt Completion
Chat	\$0.002 / 1K tokens	gpt-3.5-turbo
Fine-tuning models	\$0.0016 / 1K tokens \$0.0024 / 1K tokens \$0.0120 / 1K tokens \$0.1200 / 1K tokens	Ada Babbage Curie Davinci

Ограничения и дальнейшие исследования

Авторы статьи могут определить сильную сторону подхода — возможность ответить на любой вопрос — при этом подчеркивают, что в академическом обучении важнее точность ответа, а не его наличие. В некоторых случаях ответ «не готов ответить прямо сейчас» лучше, чем творческая выдумка искусственного интеллекта.

Ограничивающим фактором являются форматы учебного контента, так как большая часть университетов использует так называемый Massive Open Online Courses, который содержит большое количество видеоконтента, что, как указано выше, менее качественный источник чем текст-лонгрид.

Обязательны к более тщательному изучению и этические моменты использования технологий искусственного интеллекта для бота-преподавателя, включая но не ограничиваясь: конфиденциальностью и безопасностью данных; возможностью появления дискриминации и предвзятости к определенным группам студентов, особенно с учетом разнообразия культур, рас и пр.; определением баланса между применением технологий и способностью преподавателя взаимодействовать со студентами и оказывать им индивидуальную поддержку и т. д.

В качестве будущего исследования авторы определяют анализ того, как должен быть устроен диалог, чтобы студент не оставался на текущем уровне мотивации к обучению, а повышал его, то есть изучение факторов создания благоприятных условий эффективного course facilitator. Также для персонификации бота в качестве контекста может использоваться обучение модели на реальной переписке самого преподавателя.

Дальнейшее исследование предполагается анализ методов формирования index как с помощью векторов, так и с помощью узлов. Предполагается, что второй метод будет более производительным, включая различные параметры, таких как скорость формирования, точность, полнота, семантическая близость текста. Ожидается, что результаты исследования будут способствовать дальнейшему повышению качества эффективности образовательного процесса с применением технологий LLM.

Заключения

Результаты исследования показывают, что использование инструмента ChatGPT является полезным для образования. Однако, у ChatGPT все еще есть определенные ограничения, такие как отсутствие здравого смысла, потенциальная предвзятость, трудности со сложными рассуждениями и неспособность обрабатывать визуальную информацию. Важно помнить об ограничениях ChatGPT при его использовании и не полагаться на него полностью. Кроме того, этические последствия использования ChatGPT (например, предвзятость и дискриминация, конфиденциальность и безопасность, неправильное использование технологий, подотчетность, прозрачность и социальное воздействие) сложны и многогранны и должны быть тщательно рассмотрены.

Несмотря на различные трудности и вызовы, авторы считают, что указанными рисками можно эффективно управлять и их необходимо устранять в целях повышения эффективности образовательного процесса. Рассмотрение вышеуказанных аспектов является важным шагом для разработки и дальнейшего применения технологий на базе искусственного интеллекта в образовании.

Кроме этого, экономический эффект и в краткосрочном, и в долгосрочном периоде показывает позитивные результаты как в разрезе прямых, так и косвенных затрат. Таким образом, можно определить повышение эффективности образовательного процесса.

Технологии искусственного интеллекта могут быть использованы в образовательном процессе не только для развития навыков студентов, но также для создания интерактивной обучающей среды. Однако, использование новых технологий в образовании должно быть си-

стематическим и хорошо спланированным, а не просто случайным применением. Необходимо рассматривать возможности и преимущества технологий искусственного интеллекта в качестве полезных инструментов по-

вышения эффективности образовательного процесса. Принципиально важно не избегать использование данных технологий, а наоборот инициировать их использование и применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rahman, M.M.; Watanobe, Y. ChatGPT for Education and Research: Opportunities, Threats, and Strategies. Preprints.org 2023, 2023030473. <https://doi.org/10.20944/preprints202303.0473.v1>
2. Jalil, S., Rafi, S., LaToza, T.D., Moran, K., & Lam, W. (2023). ChatGPT and Software Testing Education: Promises & Perils. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.03287>
3. Eysenbach G The Role of ChatGPT, Generative Language Models, and Artificial Intelligence in Medical Education: A Conversation With ChatGPT and a Call for Papers JMIR Med Educ 2023;9:e46885 doi: 10.2196/46885
4. Gilson A, Safranek CW, Huang T, Socrates V, Chi L, Taylor RA, Chartash D How Does ChatGPT Perform on the United States Medical Licensing Examination? The Implications of Large Language Models for Medical Education and Knowledge Assessment JMIR Med Educ 2023;9:e45312 doi: 10.2196/45312
5. Mimikoyan, O., & Demidkina, K. (2023, March 16). Skyeng launches a virtual interlocutor based on the GPT4 chatbot. Forbes.ru. <https://www.forbes.ru/forbeslife/486212-skyeng-zapuskaet-virtual-nogo-sobesednika-na-baze-cat-bota-gpt4>
6. Badam, R.T. (2023, March 4). UAE working on 'GPT-powered AI tutors' to transform education. The National. <https://www.thenationalnews.com/uae/education/2023/03/04/uae-working-on-gpt-powered-ai-tutors-to-transform-education/>
7. Avila-Chauvet, Laurent and Mejía, Diana and Acosta Quiroz, Christian Oswaldo, Chatgpt as a Support Tool for Online Behavioral Task Programming (January 18, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4329020>
8. Alshater, Muneer, Exploring the Role of Artificial Intelligence in Enhancing Academic Performance: A Case Study of ChatGPT (December 26, 2022). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4312358> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4312358>
9. Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R., Salvatori, T., Lukaszewicz, T., Petersen, P.C., Chevalier, A., & Berner, J. (2023). Mathematical Capabilities of ChatGPT. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2301.13867>
10. Choi, Jonathan H. and Hickman, Kristin E. and Monahan, Amy and Schwarcz, Daniel B., ChatGPT Goes to Law School (January 23, 2023). Minnesota Legal Studies Research Paper No. 23-03, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4335905> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4335905>
11. Jiao, W., Wang, W., Huang, J., Wang, X., & Tu, Z. (2023). Is ChatGPT A Good Translator? Yes With GPT-4 As The Engine. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2301.08745>
12. Artificial Intelligence Index Report 2023, (2023). Artificial Intelligence Index. Stanford University. <https://aiindex.stanford.edu/report/>

© Волков Александр Александрович (volkov@edu.misis.ru); Отбеткина Татьяна Алексеевна (otbetkina.ta@misis.ru);

Видманова Анна Николаевна (vidmanova.a@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ K-MEANS ДЛЯ ДАННЫХ, ПОДЧИНЕННЫХ СТЕПЕННОМУ ЗАКОНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Егоркин Антон Александрович

Аспирант, Российский Государственный
Социальный Университет (РГСУ)
2-5@bk.ru

FEATURES OF USING THE K-MEANS CLASSIFICATION ALGORITHM FOR DATA SUBJECT TO THE POWER LAW OF DISTRIBUTION

A. Egorkin

Summary. The paper is devoted to the application of the k-means clustering method for power law distributed data. On the example of an array of data on financial transactions, clustering was carried out using the k-means method, the number of clusters was determined by optimizing the silhouette coefficient.

The article shows that when logarithms of the source data are used as input data for the k-means algorithm, the clustering quality improves, clusters become homogeneous, and the intra-class variance decreases. It is proved that in the one-dimensional case, when using logarithmic data, clustering is carried out around the geometric mean values. At the same time, the clustering results do not depend on the base of the logarithm, according to which the logarithm of the source data is performed. It was also demonstrated the need for other quality metrics, clustering, not based on the Euclidean distance or the distance of city blocks, when working with data distributed according to a power law.

Keywords: clustering, k-means algorithm, power law of distribution, silhouette coefficient.

Аннотация. Работа посвящена применению метода кластеризации k-means для данных, распределенных по степенному закону. На примере массива данных по финансовым операциям была проведена кластеризация методом k-means, количество кластеров определялось путем оптимизации коэффициента силуэта.

В статье показано, что при использовании в качестве входных данных для алгоритма k-means логарифмов исходных данных, качество кластеризации улучшается, кластеры становятся однородными, внутриклассовая дисперсия снижается. Доказано, что в одномерном случае при использовании логарифмированных данных кластеризация осуществляется вокруг среднегеометрических значений. При этом результаты кластеризации не зависят от основания логарифма, по которому осуществляется логарифмирование исходных данных. Также была продемонстрирована необходимость в иных метриках качества, кластеризации, не базирующихся на евклидовом расстоянии или расстоянии городских кварталов, при работе с данными, распределенными по степенному закону.

Ключевые слова: кластеризация, алгоритм k-means, степенной закон распределения, коэффициент силуэта.

Введение

Степенной закон распределения — это математический закон, описывающий распределение случайной величины, которое удивительным образом встречается в различных областях жизни. Этот закон применяется для анализа неравномерности распределения, характеризующейся тем, что небольшое число объектов обладают очень большими значениями (так называемые «тяжелые хвосты»), в то время как большинство объектов имеют низкие значения.

Примерами степенного закона распределения являются: распределение доходов и богатства в обществе, распределение ссылок в интернете или количество друзей в социальных сетях. Так есть единицы интернет-пользователей, имеющие миллионные аудитории, и огромное количество пользователей с небольшим количеством друзей.

Указанное распределение может быть описано формулой:

$$p(y) = Cy^{-\alpha} \quad (1)$$

где C — нормирующий коэффициент, α — показатель распределения.

Нормирующий коэффициент определяется исходя из требования того, что сумма всех вероятностей должна быть равна 1:

$$1 = \int_{y_{min}}^{\infty} p(y) dy = \frac{C}{1-\alpha} y^{1-\alpha} \Big|_{y_{min}}^{\infty} \quad (2)$$

Тогда распределение существует при $\alpha > 1$, а нормирующий коэффициент равен:

$$C = (\alpha - 1) y_{min}^{\alpha-1} \quad (3)$$

Показатель распределения α определяется методом максимального правдоподобия [4]:

$$\alpha = 1 + n \left[\sum_{i=1}^n \ln \frac{y_i}{y_{min}} \right]^{-1} \quad (4)$$

Также в [3] было показано, что степенной закон распределения имеет устойчивое среднее значение при $\alpha > 2$ и обладает свойством масштабной инвариантности [1].

Кластеризация данных, распределенных по степенному закону, методами, базирующимися на линейных расстояниях, приводит к тому, что, как правило, основная масса переменных будет сосредоточена в первом кластере, а оставшиеся кластеры имеют единичные вхождения. Такую кластеризацию сложно использовать для дальнейших исследований. Настоящая работа посвящена тому, как на примере одномерного случая, можно улучшить кластеризацию и какая математическая логика стоит за этим.

Метод кластеризации k-means

Одним из наиболее популярных методов кластеризации является алгоритм k-means [2]. Как правило, оптимизирующей функцией в данном методе является евклидово расстояние между элементами:

$$\arg_s \min \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} (\bar{x}_i - x)^2 \tag{5}$$

где k — количество кластеров, S_i — состав i -го кластера, \bar{x}_i — центр i -го кластера.

Кроме евклидова расстояния возможно использование иных оптимизирующих метрик: квадрат евклидова расстояния, расстояние городских кварталов — модуль разницы между переменными, расстояние Чебышева и многие другие.

Как видно из формулы (5), ключевым параметром метода k-means является количество кластеров, которое задается перед началом работы алгоритма. Существуют множество способов поиска оптимального количества кластеров, но все они, как правило, базируются на эвристических подходах. Одним из таких методов является выбор количества кластеров, оптимизирующих одну из функций качества разбиения данных на кластеры. При каком количестве кластеров функция качества достигает локального оптимума, то количество кластеров и является оптимальным. В данной работе используется функция качества — силуэт [5]:

$$s_j = \frac{b_j - a_j}{\max(b_j, a_j)} \tag{6}$$

где s_j — силуэт узла j , принадлежащего i -му кластеру, b_j — среднее расстояние от узла j до ближайшего соседнего кластера, a_j — среднее расстояние от узла j до всех элементов кластера, куда входит данный узел.

Силуэт всей выборки определяется как среднее значение силуэтов всех узлов, входящих в нее. Чем ближе будет показатель силуэта к 1, тем более качественной является кластеризация.

Проблема использования алгоритма k-means для данных, распределенных по степенному закону

В качестве данных для дальнейшего исследования используем информацию о финансовых транзакциях клиентов коммерческого банка. Указанные данные подчинены степенному закону распределения. Т.к. используемая информация представляет собой коммерческую тайну, то для анализа используются нормированные данные, путем деления на максимальное значение, т.е. максимальный элемент в дата-сете будет равен 1. Данные представляют собой одномерный массив, где каждый элемент — это суммарный объем ненулевых платежей одного клиента другому за определенный период времени.

Применение алгоритма k-means к описанным выше данным дает следующий результат.

С точки зрения количества кластеров, оптимальным представляется 7 штук, т.к. именно при 7 кластерах график коэффициента силуэта имеет локальным максимум.

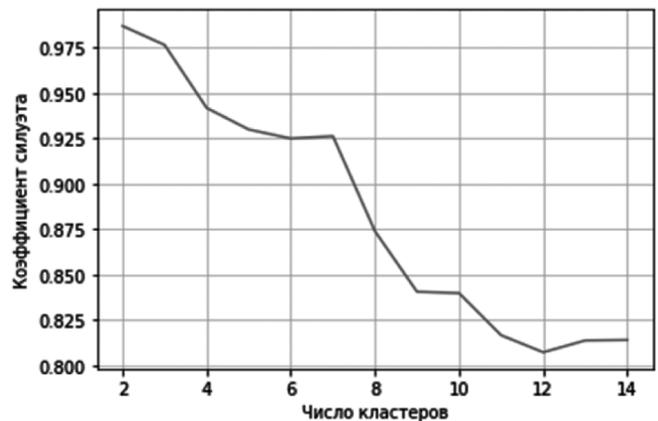


Рис. 1. Зависимость коэффициента силуэта от количества кластеров

Таблица 1. Распределение данных по кластерам

номер кластера	1	2	3	4	5	6	7
количество элементов в кластере	7468	183	27	13	5	5	1
среднее арифметическое	0,002	0,037	0,124	0,255	0,422	0,665	1,000
среднее геометрическое	0,001	0,035	0,120	0,253	0,420	0,663	1,000
медиана	0,001	0,035	0,119	0,252	0,434	0,679	1,000
стандартное отклонение	0,003	0,015	0,029	0,031	0,036	0,058	—

Несмотря на высокие показатели качества кластеризации, коэффициент силуэта близок к 1, такую кластеризацию нельзя назвать успешной. Т.к. фактически все элементы были отнесены в первый кластер (в первый кластер попали 97 % данных выборки). При этом в последнем кластере находится всего один элемент. Такой результат работы k-means связан со структурой данных, т.к. есть очень много небольших значений и немного очень больших значений.

Как можно улучшить кластеризацию для данных, распределенных по степенному закону

Если прологарифмировать выражение (1) то получится линейная функция в логарифмических координатах:

$$\log p(y) = \log C - \alpha \cdot \log y \quad (7)$$

Далее предлагается использовать в качестве входных переменных для алгоритма k-means логарифмы исходных данных. Тогда распределение становится более равномерным и линейные расстояния, используемые в методе k-means должны давать приемлемый результат.

В рассматриваемом частном одномерном случае справедливо следующая интерпретация алгоритма k-means: здесь евклидово расстояние является модулем разности координат и выражение (5) принимает следующий вид:

$$\min \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} |\bar{x}_i - x_j| \quad (8)$$

Где k — количество кластеров, n_i — количество элементов в кластере i .

Если в качестве $x_j = \log y_j$, тогда:

$$\begin{aligned} \bar{x}_i &= \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_j}{n_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \log y_j}{n_i} = \\ &= \frac{\log \prod_{j=1}^{n_i} y_j}{n_i} = \log \prod_{j=1}^{n_i} y_j^{1/n_i} \end{aligned} \quad (9)$$

Выражение (8) можно записать следующим образом:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \left| \log \bar{y}_i - \log y_j \right| = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \left| \log \frac{\bar{y}_i}{y_j} \right| \rightarrow 0 \quad (10)$$

Потенцировав выражение (10) получаем:

$$\prod_{i=1}^k \prod_{j=1}^{n_i} \frac{\bar{y}_i}{y_j} \rightarrow 1 \quad (11)$$

Где $\bar{y}_i = \sqrt[n_i]{\prod_{j=1}^{n_i} y_j}$ — среднегеометрическое значение точек, попавших в кластер i ,

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} -1, x < 0 \\ 0, x = 0 \\ 1, x > 0 \end{cases} \text{ — функция знака.}$$

Таким образом, если в алгоритм k-means в качестве исходных данных передать логарифмированный вектор данных, то результатом действия алгоритма будет выбор кластеров таким образом, чтобы его элементы объединялись вокруг своих среднегеометрических значений.

Метод k-means для логарифмированных данных и сравнение результатов

Прологарифмировав исходные данные, применим к полученным переменным алгоритм k-means.

Здесь, также как и в случае с нелогарифмированными данными, с точки зрения коэффициента силуэта оптимальным представляется 7 кластеров:

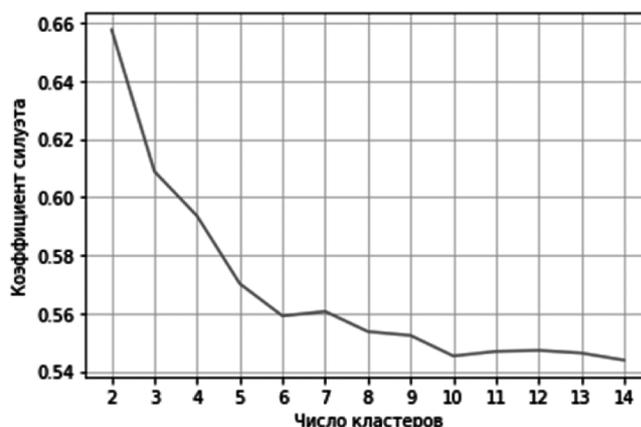


Рис. 2. Коэффициента силуэта для логарифмированных данных

Таблица 2. Распределение логарифмированных данных по кластерам¹

номер кластера	1	2	3	4	5	6	7
количество элементов в кластере	2637	1955	1384	869	538	251	68
среднее арифметическое	0,0004	0,0007	0,0014	0,0030	0,008	0,028	0,210
среднее геометрическое	0,0004	0,0007	0,0014	0,0029	0,007	0,026	0,155
медиана	0,0004	0,0007	0,0014	0,0028	0,007	0,024	0,131
стандартное отклонение	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,012	0,192

¹ Для сопоставимости результатов все статистические показатели кластеров рассчитывались после приведения логарифмов в исходные данные. Т.е. $y_i = a^x$, a — основание логарифма

Полученное в последнем случае разбиение имеет более равномерную структуру. Как отмечалось выше, в анализируемом случае данные группируются вокруг среднегеометрических значений. Из таблицы 2 видно, что медиана в каждом из кластеров ближе к среднегеометрическому значению, чем к среднеарифметическому. Также среднее геометрическое лучше описывает популяцию в кластере и в случае кластеризации нелогарифмированных данных (Табл. 1).

В части плотности кластеров, можно утверждать, что использование логарифмированных данных приводим к более плотным кластерам. Это видно из распределения стандартного отклонения в кластерах (Рис. 3). Седьмой кластер здесь не показан, т.к. при кластеризации исходных данных в него попадал только один элемент.

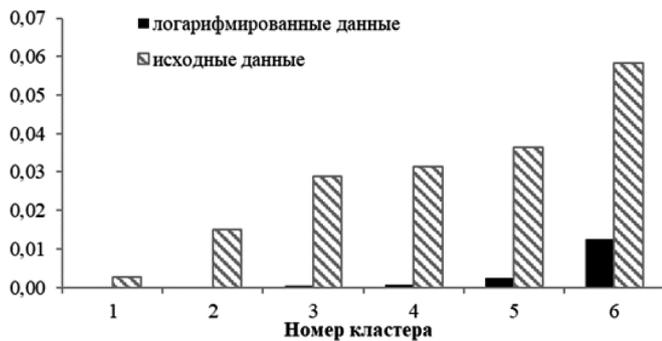


Рис. 3. Распределение дисперсии по кластерам

Из формулы (11) следует, что целевая функция в рассматриваемом случае не зависит от основания логарифма, что также было подтверждено расчетами. Результаты не изменялись при использовании логарифмов различных оснований.

Отдельно необходимо отметить, что для такой кластеризации метрика качества силуэт, базирующаяся на линейном или евклидовом расстоянии, оказывается хуже, чем при кластеризации нелогарифмированных данных. Однако, это вопрос к самим метрикам качества,

которые в данном случае, по мнению автора, должны базироваться на формуле (11).

Наглядно сравнение результатов кластеризации можно представить на диаграммах в логарифмических координатах, где каждый цвет соответствует своему кластеру.

Выводы

В случае применения метода k-means для данных, подчиненных степенному закону распределения необходимо предварительно нормировать их путем логарифмирования. Тогда использование линейных метрик алгоритма k-means будет приводить к тому, что элементы будут стремиться создать кластеры вокруг своих среднегеометрических значений. Как было показано в статье, среднегеометрическое значение лучше описывает популяцию в кластере, чем среднеарифметическое.

При этом логарифмировать исходные данные можно по любому основанию, как показано в формуле (11), итоговая целевая функция не зависит от основания логарифма.

Также необходимы иные метрики качества кластеризации. Метрики, основанные на евклидовом расстоянии или расстоянии городских кварталов, не применимы для такого распределения. При этом плотность самих кластеров в случае логарифмирования исходных данных оказывается выше. Таким образом, метрики качества кластеризации данных, распределенных по степенному закону, должны базироваться на формуле (11).

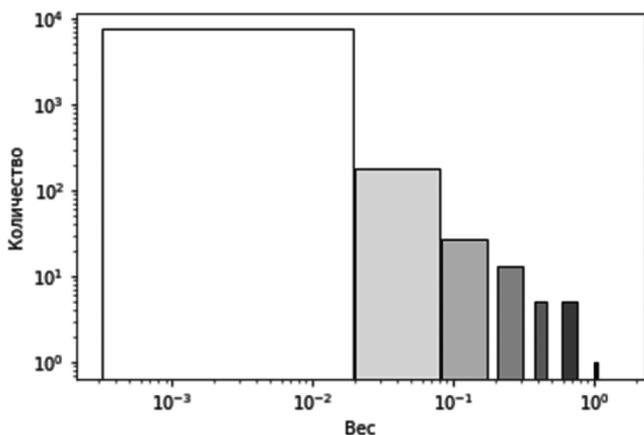


Рис. 4. Распределение исходных данных

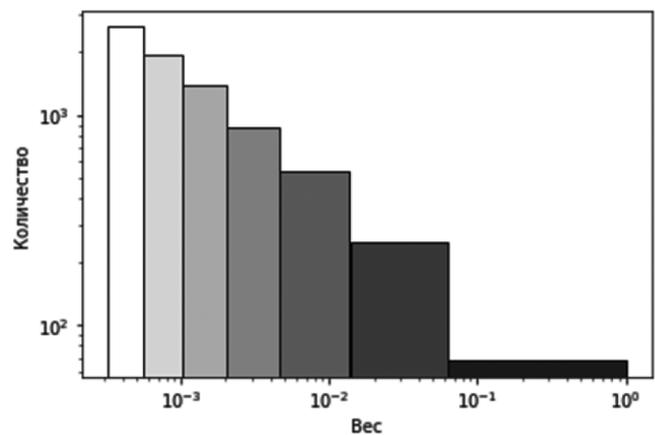


Рис. 5. Распределение логарифмированных данных

ЛИТЕРАТУРА

1. Barabasi A.L., Bonabeau E. Scale Free Networks // Scientific American, 2003, p. 50–59.
2. David Arthur and Sergei Vassilvitskii. How slow is the k-means method? In SCG '06: Proceedings of the twenty-second annual symposium on computational geometry. ACM Press, 2006.
3. Newman M. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law// Statistical Mechanics, 2006.
4. Newman M., Aaron C., Cosma R. S. Power-law distributions in empirical data // Physics Today, 2009.
5. Rousseeuw P. Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics, 1987.

© Егоркин Антон Александрович (2-5@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ

USING GENERATIVE ALGORITHMS TO GENERATE DOCUMENTS

**A. Kasymov
Yu. Maximov**

Summary. This article provides a brief overview of the latest text classification models with an emphasis on data flow, from raw text to output labels. The differences between earlier methods and later methods based on deep learning are emphasized, both in their functioning and in how they transform input data. To give a better idea of text classification, an overview of the data sets for the language is provided, as well as instructions for synthesizing two new data sets with multiple labels. At the end, we describe an overview of new experimental results and discuss the problems of open research related to language models based on deep learning.

Keywords: text classification, tokenization, topic labeling, news classification, transformer, surface learning, deep learning, multicomponent corpora.

Касымов Алексей Алексеевич

Аспирант, Воронежский государственный
технический университет
kasimlele@live.ru

Максимов Юрий Максимович

Аспирант, Воронежский государственный
технический университет
yuramaximo@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлен краткий обзор последних моделей классификации текста с акцентом на поток данных, от необработанного текста до выходных меток. Подчеркиваются различия между более ранними методами и более поздними методами, основанными на глубоком обучении, как в их функционировании, так и в том, как они преобразуют входные данные. Чтобы дать лучшее представление о классификации текстов, предоставляется обзор наборов данных для языка, а также инструкции по синтезу двух новых наборов данных с несколькими метками. В конце описан обзор новых экспериментальных результатов и обсуждаем проблемы открытых исследований, связанные с языковыми моделями, основанными на глубоком обучении.

Ключевые слова: классификация текстов, токенизация, маркировка темы, классификация новостей, трансформатор, поверхностное обучение, глубокое обучение, многокомпонентные корпуса.

Введение

Классификация текста (КТ) является задачей фундаментальной важности, и она набирает обороты благодаря последним разработкам в области анализа текста и обработки естественного языка. Методы классификации текста имеют общую цель — назначить предопределенную метку для заданного входного текста, хотя это наименование может относиться к множеству специализированных методов, применяемых к разным предметным областям.

Классические примеры КТ включают поиск информации, маркировку тем, анализ настроений и классификацию новостей. Однако у КТ есть практические приложения, выходящие за рамки простой категоризации, такие как экстрактивные системы ответов на вопросы и обобщения. В этом случае интуитивное понятие «метка» заменяется выбором между кандидатами (например, ответ или предложение для включения в резюме).

Скорость, с которой в настоящее время создается текстовая информация, давно превзошла ручное решение этих задач, а это означает, что методы КТ не только полезны, но и строго необходимы. Соответственно, раз-

работка точных и непредвзятых систем КТ имеет первостепенное значение.

Текстовое представление

Важным шагом, требуемым любой процедурой КТ, является проекция текстовых признаков в выбранном пространстве признаков. Из-за его неструктурированности (с вычислительной точки зрения) необходимо применить ряд операций, чтобы постепенно преобразовать его в удобоваримую для компьютера форму. Предварительная обработка должна учитывать модели, которые предназначены для использования на более поздних этапах конвейера классификации, поскольку универсального решения не существует.

В частности, более ранние методы в значительной степени полагаются на этап ручного проектирования функций, что требует внимательного отношения и знаний в предметной области. С другой стороны, более поздние методы, основанные на глубоком обучении, заметно отличаются из-за автоматического извлечения признаков. Как мы увидим, предварительная обработка по-прежнему важна для этих методов, хотя она может применяться по-разному из-за допущений, которые они делают.

Широкая категоризация методов классификации текста

Поверхностные подходы к обучению

Более ранние методы часто определяются как подходы «поверхностного обучения». Однако, поскольку это определение не является особенно стандартизированным или согласованным, мы уточняем, что с этим термином мы имеем в виду все те традиционные или классические методы, связанные с обычным машинным обучением. То есть в эту группу входят все те методы, предшествующие нейронным сетям, предсказание которых основано на ручных функциях. Кроме того, в эту категорию также входят нейронные сети с очень небольшим (0–2) скрытым слоем, которые сами по себе называются «мелкими» и которые ликвидируют разрыв между этой группой методов и их преемниками, основанными на глубоком обучении.

Поверхностные подходы к обучению являются преемниками подходов, основанных на правилах, которые они превосходили как по точности, так и по стабильности. Поверхностные методы обучения по-прежнему популярны во многих практических контекстах или в качестве надежной основы. Хотя они плохо масштабируются для больших объемов данных, они проявляют себя, когда ресурсов слишком мало, чтобы глубокие методы были эффективными. Эти классические подходы требуют этапа разработки функций, который может быть дорогостоящим в зависимости от сложности предметной области. В то время как вычислительная сторона этих затрат может быть значительной, требования к знанию предметной области, которые необходимы для правильного применения соответствующих методов извлечения признаков, могут быть более трудными для выполнения на практике.

Подходы к глубокому обучению

Появление моделей глубокого обучения затронуло все области искусственного интеллекта, включая классификацию текстов. Эти методы получили распространение из-за их способности моделировать сложные объекты без необходимости их ручной разработки, что устраняет часть требований к знанию предметной области. Вместо этого работа была направлена на разработку архитектур нейронных сетей, способных извлекать эффективные представления для текстовых единиц. Недавние разработки были особенно успешными в этом, породив семантически значимые и контекстуальные репрезентации. Автоматическое извлечение признаков особенно полезно при моделировании текстовых данных, поскольку оно способно использовать базовую лингвистическую структуру документа. Эта структура интуитивно понятна нам, если мы понимаем язык, но обычно непонятна машине.

Основные отличия и вклады

В недавних публикациях методы классификации текстов исследовались с общей точки зрения. Среди них отметим работу Li et al. [1], которая обеспечивает полное исследование моделей, начиная от мелких и заканчивая глубокими. Обзор Kowsari et al. [2] обеспечивает отличное исследование этапов предварительной обработки, таких как извлечение признаков и уменьшение размерности. С другой стороны, работа Minaee et al. [3] сосредоточена исключительно на тщательном изучении глубоких подходов, хотя она также предоставляет количественные результаты для классических методов при анализе экспериментальных характеристик.

Эта работа направлена на то, чтобы обогатить обзоры текстовой классификации, давая обзор каждого шага, связанного с разработкой классификатора текстовых данных. Поэтому мы даем подробное описание наиболее важных операций подготовки данных, используемых совместно с алгоритмами классификации текста. Эти этапы конвейера КТ часто упускают из виду, однако понимание их использования и мотивации их выбора может оказаться основополагающим в построении эффективной основы для этой задачи. Мы продолжаем обобщать информацию об основных наборах данных языка КТ и общий эталон современных подходов в различных подзадачах. Кроме того, мы предоставляем результаты по двум недавно синтезированным наборам данных КТ с несколькими метками, излагая процесс их воспроизведения. Мы считаем, что это важный вклад, поскольку подзадачи, которые они решают, представлены недостаточно.

Предварительная обработка

Входные данные для задач на естественном языке, таких как КТ, состоят из необработанного неструктурированного текста. Текстовая информация, в отличие от других типов данных, таких как изображения или временные ряды, не имеет собственного числового представления; прежде чем передать его любому классификатору, он должен быть спроецирован в соответствующее пространство признаков. Поэтому процедуры предварительной обработки имеют особое значение, поскольку без них нет основы ни для процедур извлечения признаков, ни для алгоритмов классификации.

Стандартные операции предварительной обработки

Токенизация

Самая основная операция предварительной обработки, которая должна применяться к тексту, — это токенизация. Эта процедура определяет уровень де-

тализации, на котором мы анализируем и генерируем текстовые данные, и в целом может быть описана как процесс разбиения потока текста на более мелкие фрагменты (исторически называемые токенами). До недавнего времени в большинстве моделей НЛП в качестве атомарной единицы выбора использовались слова, но недавние подходы заключались в разложении текста на более мелкие единицы (такие как символьные n-граммы или даже более максимальные формы разложения, такие как базовые байты [4]).

Токенизация: документ обрабатывается как строка, а затем разбивается на список токенов.

Удаление стоп-слов: Стоп-слова, такие как «и», «а», «но» и т. д., встречаются часто, поэтому незначимые слова необходимо удалить.

Основополагающее слово: применение алгоритма основообразования, который преобразует другую форму слова в аналогичную каноническую форму. Этот шаг представляет собой процесс объединения токенов с их корневой формой, например, соединение для соединения, вычисление для вычисления и т.д. (рис. 1)

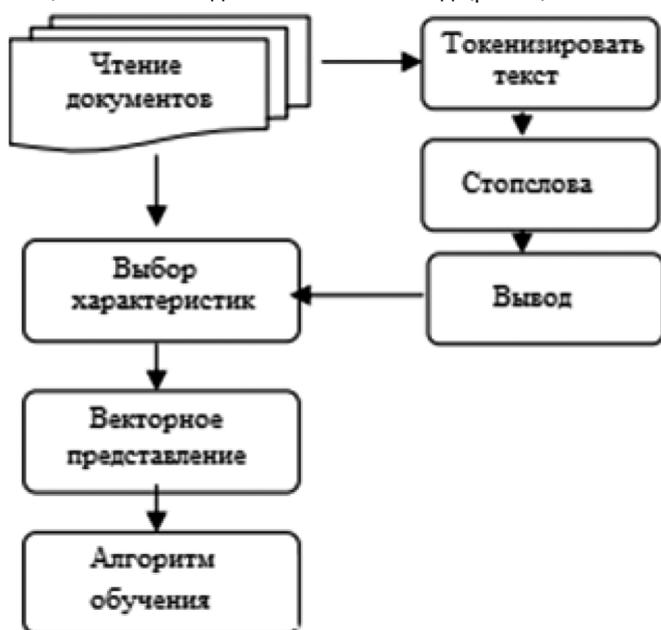


Рис. 1. Процесс классификации документов

Набор токенов, созданный процедурой токенизации, может содержать ненужные или вводящие в заблуждение элементы. Текстовый шум, такой как специальные символы или лишние символы, должен быть удален. Может быть полезно удалить стоп-слова [7], т.е. неинформативные слова, встречающиеся в большом количестве, но не несущие семантической значимости. Другие процедуры нормализации, такие как приведение к нижнему регистру, исправление орфографических ошибок и стандартизация сленговых слов и сокращений, могут

быть полезны для уменьшения количества различных элементов в пространстве признаков.

Предварительная обработка для глубоких моделей

Выбор функции

После выделения признаков важным шагом в предварительной обработке текстовой классификации является выбор признаков для построения векторного пространства, которое улучшает масштабируемость, эффективность и точность текстового классификатора. В общем, хороший метод выбора признаков должен учитывать характеристики предметной области и алгоритма [15]. Основная идея FS состоит в том, чтобы выбрать подмножество функций из исходных документов. FS выполняется путем сохранения слов с наивысшим баллом в соответствии с заранее определенной мерой важности слова [9]. Выбранные признаки сохраняют исходное физическое значение и обеспечивают лучшее понимание данных и процесса обучения [11]. Для классификации текста основной проблемой является высокая размерность пространства признаков. Почти каждая текстовая область имеет большое количество признаков, большинство из которых не имеют значения и не полезны для задачи классификации текста, и даже некоторые шумовые признаки могут резко снизить точность классификации [6]. Следовательно, FS обычно используется в текстовой классификации для уменьшения размерности пространства признаков и повышения эффективности и точности классификаторов.

Было изучено множество показателей оценки признаков, среди которых не удалось выделить прирост информации (IG), частоту терминов, хи-квадрат, ожидаемую перекрестную энтропию, отношение шансов, вес свидетельства текста, взаимную информацию, индекс Джини. Частота терминов и частота документов (TF/DF) (Таблица 1) и т.д. Хорошая метрика выбора признаков должна учитывать характеристики предметной области и алгоритма.

Методы машинного обучения

Документы можно классифицировать тремя способами: неконтролируемыми, контролируемыми и полуконтролируемыми методами. Недавно было предложено много методов и алгоритмов для кластеризации и классификации электронных документов. В этом разделе основное внимание уделялось контролируемым методам классификации, новым разработкам и освещались некоторые возможности и проблемы с использованием существующей литературы. Автоматическая классификация документов по predetermined категориям вызвала активное внимание, поскольку уровень использования Интернета быстро увеличился. За последние

Таблица 1.

Методы выбора признака

Коэффициент усиления (GR)	$GR(t_k, c) = \frac{c \in \left\{ \sum_{c_j c_j} \right\} t \in \left\{ \sum_{t_k t_k} \right\} p(t, c) \log \frac{P(t, c)}{P(t)P(c)}}{c \in \left\{ \sum_{c_j c_j} \right\} P(c) \log P(c)}$
Информационное усиление (IG)	$IG(w) = -\sum_{j=1}^K P(c_j) \log P(c_j) + P(w) \sum_{j=1}^K P(c_j w) \log P(c_j w)$
Условная взаимная информация (CMI)	$CMI(C S) = H(C) - H(C S_1, S_2, \dots, S_n)$
Частота документа (DF)	$DF(t_k) = P(t_k)$
Периодичность (TF)	$tf(f_i, d_j) = \frac{freq_{ij}}{\max_k freq_{kj}}$
Обратная частота документа (IDF)	$ idf = \log \frac{ D }{ f_i }$
Срок (s)	$s(t) = P(t \in y t \in x)$
Нечетное соотношение (OR)	$OR(f_i, c_j) = \log \frac{P(f_i c_j)(1 - P(f_i -c_j))}{(1 - P(f_i c_j))(P(f_i -c_j))}$

несколько лет задача автоматической классификации текста была тщательно изучена, и в этой области наблюдается быстрый прогресс, включая подходы к машинному обучению, такие как байесовский классификатор, дерево решений, K-ближайший сосед (KNN), машины опорных векторов (SVM), нейронные сети, латентный семантический анализ, алгоритм Роккио, нечеткая корреляция и генетические алгоритмы и т.д. Обычно для автоматической классификации текста используются методы обучения с учителем, когда документам присваиваются предварительно определенные метки категорий на основе вероятности, предложенной обучающий набор размеченных документов. Некоторые из этих методов описаны ниже.

Алгоритм А. Роккио

Алгоритм Роккио [7] представляет собой метод векторного пространства для маршрутизации или фильтрации документов при информационном поиске, построения вектора-прототипа для каждого класса с использованием обучающего набора документов, т.е. среднего вектора по всем векторам обучающих документов, принадлежащих классу c_j , и вычисления подобия между тестовым документом и каждым из векторов-прототипов, которые относят тестовый документ к классу с максимальным сходством.

$$C_i = \alpha * centroid_{c_i} - \beta * centroid_{\bar{c}_i} \quad (1)$$

При задании категории вектору документов, принадлежащих к этой категории, присваивается положительный вес, а векторам остальных документов присваивается отрицательный вес. Получены положительно и отрицательно взвешенные векторы, вектор-прототип этой категории (рис. 2).

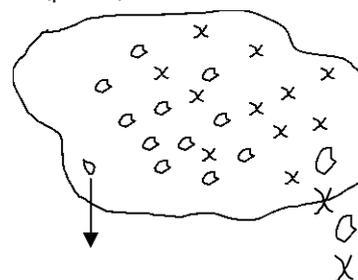


Рис. 2. Rocchio Оптимальный запрос для разделения релевантных и нерелевантных документов

Этот алгоритм [7] прост в реализации, эффективен в вычислениях, быстро обучаем и имеет механизм обратной связи по релевантности, но низкую точность классификации. Линейная комбинация слишком проста для классификации, а константы α и β являются эмпирическими. Это широко используемый алгоритм обратной связи по релевантности, работающий в модели вектор-

ного пространства. Исследователи использовали вариант алгоритма Роккио в контексте машинного обучения, т. е. для изучения профиля пользователя из неструктурированного текста документа.

К-ближайший сосед (k-NN)

Алгоритм k-ближайших соседей (k-NN) [8] используется для проверки степени сходства между документами и k обучающими данными и для хранения определенного количества классификационных данных, тем самым определяя категорию тестовых документов. Этот метод представляет собой алгоритм мгновенного обучения, который классифицирует объекты на основе ближайшего пространства признаков в обучающем наборе [8]. Учебные наборы отображаются в многомерном пространстве признаков. Пространство признаков разделено на области в зависимости от категории обучающей выборки. Точка в пространстве признаков относится к определенной категории, если она является наиболее часто встречающейся категорией среди k ближайших обучающих данных. Обычно Евклидово расстояние обычно используется при вычислении расстояния между векторами. Ключевым элементом этого метода является наличие меры подобия для идентификации соседей конкретного документа [8]. Фаза обучения состоит только из сохранения векторов признаков и категорий обучающего набора. На этапе классификации вычисляются расстояния от нового вектора, представляющего входной документ, до всех сохраненных векторов, и выбираются k ближайших выборов. Аннотированная категория документа прогнозируется на основе ближайшей точки, которая была присвоена определенной категории.

$$\operatorname{argmax}_i \sum_{j=1}^k \operatorname{sim}(D_j | D) * \delta(C(D_j), i) \quad (2)$$

Вычислите сходство между тестовым документом и каждым соседом и назначьте тестовый документ классу, который содержит большинство соседей. Рис.3.

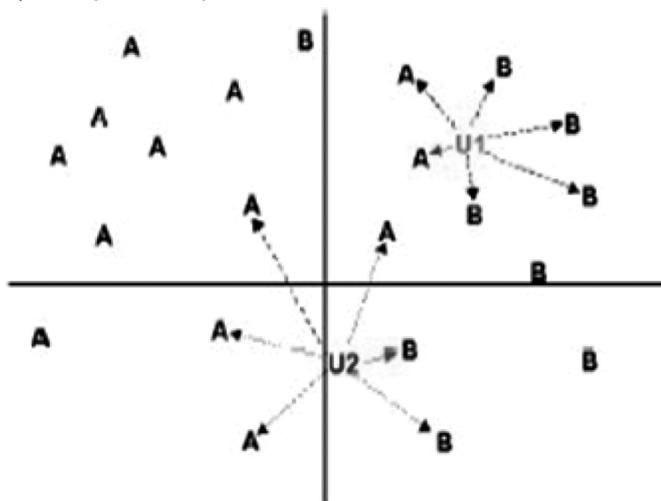


Рис. 3. k-ближайший сосед

Этот метод эффективен, непараметричен и прост в реализации. По сравнению с алгоритмом Роккио учитываются более локальные характеристики документов, однако время классификации велико и сложно найти оптимальное значение k. т. е. для анализа k-NN и алгоритма Rocchio в [6] выявлены некоторые недостатки каждого из них. В [6] предложен новый алгоритм, который включает взаимосвязь тезаурусов, основанных на понятиях, с категоризацией документов с использованием классификатора k-NN, в то время как [10] представляет использование фраз в качестве основных признаков в задаче классификации электронной почты и выполнили обширную эмпирическую оценку с использованием больших коллекций электронной почты и протестировали с тремя алгоритмами классификации текста, а именно, наивным байесовским классификатором и двумя классификаторами k-NN, использующими взвешивание и сходство TF-IDF соответственно. Метод k-ближайших соседей отличается своей простотой и широко используется для классификации текстов. Этот метод хорошо работает даже при решении задач классификации с многокатегоризированными документами. Основным недостатком этого метода является то, что он использует все функции расчета расстояния и делает метод интенсивным с точки зрения вычислений, особенно при увеличении размера обучающей выборки. Кроме того, точность классификации k-ближайших соседей сильно снижается из-за наличия зашумленных или нерелевантных признаков.

Дерево решений

Дерево решений перестраивает ручную категоризацию учебных документов, создавая четко определенные истинные/ложные запросы в форме древовидной структуры. В структуре дерева решений листья представляют соответствующую категорию документов, а ветви представляют соединения признаков, которые ведут к этим категориям. Хорошо организованное дерево решений может легко классифицировать документ, поместив его в корневой узел дерева и позволив ему пройти через структуру запроса, пока он не достигнет определенного листа, который представляет собой цель классификации документа.

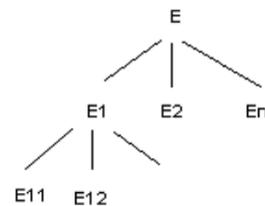


Рис. 4. Дерево решений

Метод классификации дерева решений отличается от других инструментов поддержки принятия решений рядом преимуществ. Основным преимуществом дерева решений является его простота в понимании и интер-

претации даже для неопытных пользователей. Кроме того, объяснение данного результата может быть легко воспроизведено с использованием простых математических алгоритмов и обеспечивает консолидированное представление логики классификации, что является полезной информацией о классификации.

Классификация правил принятия решений

Метод классификации правил принятия решений использует вывод на основе правил для классификации документов по их аннотированным категориям [10, 11]. Алгоритмы создают набор правил, описывающих профиль для каждой категории. Правила обычно строятся в формате «ЕСЛИ условие, ТО заключение», где часть условия заполняется признаками категории, а часть заключения представлена названием категории или другим правилом, подлежащим проверке. Затем набор правил для определенной категории создается путем объединения каждого отдельного правила из той же категории с логическим оператором, обычно использующим «и» и «или». Во время задач классификации не обязательно должно выполняться каждое правило в наборе правил. В случае обработки набора данных с большим количеством признаков для каждой категории рекомендуется реализация эвристики, чтобы уменьшить размер набора правил, не влияя на производительность классификации. В [9] представлен гибридный метод обработки на основе правил и нейронных сетей с обратным распространением для фильтрации спама. Вместо использования ключевых слов в этом исследовании используется поведение рассылки спама в качестве признаков для описания электронных писем.

Выводы

В данной статье представлен обзор подходов к машинному обучению и методов представления документов. Представлен анализ методов отбора признаков и алгоритмов классификации. В ходе исследования было подтверждено, что информационная прибыль и статистика хи-квадрат являются наиболее часто используемыми и хорошо работающими методами для выбора признаков, однако многие другие методы FS недавно были предложены в качестве одиночных или гибридных методов, показали хорошие результаты и нуждаются в дальнейшем изучении для повышения эффективности процесса классификации.

Для автоматической классификации документов было предложено несколько алгоритмов или комбинации алгоритмов в качестве гибридных подходов. Среди этих алгоритмов SVM, NB, kNN и их гибридная система с комбинацией различных других алгоритмов и методов выбора признаков показаны наиболее подходящими в существующей литературе. Однако NB хорошо справляется с фильтрацией спама и категоризацией электронной почты, требует небольшого количества обучающих данных для оценки параметров, необходимых для классификации. Наивный Байес хорошо работает с числовыми и текстовыми данными, его легко реализовать по сравнению с другими алгоритмами, однако предположение об условной независимости нарушается реальными данными и работает очень плохо, когда признаки сильно коррелированы и не учитывают частоту вхождения слов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Дасгупта, «Методы выбора признаков для классификации текстов». Материалы 13-й международной конференции ACM SIGKDD по открытию знаний и анализу данных, стр. 230–239, 2017.
2. Рагхаван, П., С. Амер-Яхия и Л. Гравано, ред., «Структура в тексте: извлечение и эксплуатация». В. Материалы 7-го международного семинара по сети и базам данных (WebDB), ACM SIGMOD/PODS 2004, ACM Press, Vol 67, 2019.
3. Корпорация Oracle, WWW, oracle.com, 2018 г.
4. Merrill Lynch, ноябрь 2020 г. Аналитика электронного бизнеса: подробный отчет. 2020.
5. Pegañ Falinouss «Прогнозирование тренда акций с использованием новостных статей: подход к интеллектуальному анализу текста» Магистерская диссертация -2017.
6. Себастьяни, Ф., «Машинное обучение в автоматизированной категоризации текста» ACM Computing Surveys (CSUR) 34, стр. 1–47, 2022.
7. Андреас Хото «Краткий обзор анализа текста», 2015 г.
8. Шанг В., Хуанг Х., Чжу Х., Линь Ю., Цюй Ю. и Ван З., «Новый алгоритм выбора признаков для категоризации текста». Elsevier, science Direct Expert system with application-2006, 33(1), pp.1–5, 2016.
9. Монтанес, Э., Ферандес, Дж., Диас, И., Комбарро, Э.Ф. и Ранилья, Дж., «Показатели качества правил для выбора признаков при категоризации текста», 5-й международный симпозиум по интеллектуальному анализу данных, Германия-2019, Springer-Verlag 2019, Vol2810, стр. 589-598, 2019.
10. Ван Ю. и Ван Х.Л., «Новый подход к выбору признаков в классификации текста», Труды 4-й Международной конференции по машинному обучению и кибернетике, IEEE-2015, том 6, стр. 3814–3819, 2015.
11. Лю, Х. и Мотода, «Извлечение, построение и выбор признаков: перспектива интеллектуального анализа данных». Бостон, Массачусетс (Массачусетс): Kluwer Academic Publishers.
12. Ли, Л.В., и Чен, С.М., «Новые методы категоризации текста на основе нового метода выбора признаков и новой меры сходства между документами», IEA/AEI, Франция, 2016 г.

13. Маномайсупат П. и Абмад К., «Выбор функций для категоризации текста с использованием самоорганизующейся карты», 2-я Международная конференция по нейронным сетям и мозгу, 2015 г., IEEE Press, том 3, стр. 1875–1880, 2015 г.
14. Ян Дж., Лю Н., Чжан Б., Ян С., Чен З., Ченг К., Фань В. и Ма В., «OCFS: оптимальное ортогональное центральное -id Выбор функции для категоризации текста». 28 Ежегодная международная конференция по исследовательскому и информационному поиску, ACM SIGIR, Баризаль, стр. 122–129, 2015 г.

© Касымов Алексей Алексеевич (kasimlele@live.ru); Максимов Юрий Максимович (yuramaximo@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ

ALGORITHM FOR RECOGNIZING AND CLUSTERING HANDWRITTEN TEXTS

A. Kasymov
Yu. Maximov

Summary. The paper presents recognition capabilities and clustering of handwritten texts with help modern technology. Separately, the paper pays attention to the comparison of handwritten text recognition from computer.

Keywords: handwritten texts, recognition, clustering, classification, data entry.

Касымов Алексей Алексеевич

Аспирант, Воронежский государственный
технический университет
kasimlele@live.ru

Максимов Юрий Максимович

Аспирант, Воронежский государственный
технический университет
yuramaximo@mail.ru

Аннотация. В работе представлены возможности распознавания и кластеризация рукописных текстов посредством современных технологий. Отдельно в работе уделено внимание сравнению распознавания рукописных тестов от компьютерных.

Ключевые слова: рукописные тексты, распознавание, кластеризация, классификация, ввод данных.

Введение

Необходимо подчеркнуть, что адекватное усвоение грамматических структур позволяет оценить временные и видовые аспекты лексических единиц. В определенных случаях, морфологическая структура единичных рукописных символов может обеспечить ограниченное количество информации для безошибочной идентификации примерно 98 % общего объема рукописных текстов. Механизм автоматизированного распознавания образцов и его реализация в контексте оптической системы распознавания символов представляют собой важнейшие компоненты эффективных парадигм искусственного интеллекта.

В рамках данной интерпретации понимается под распознаванием текста автоматический процесс выявления изображений письменных символов, будь то печатные или рукописные, (примером может служить ввод данных сканером в компьютер) с применением специализированного программного обеспечения, и их последующее преобразование в форматы, пригодные для обработки текстовыми редакторами.

Термин «OCR» может быть расшифрован как «оптическое распознавание символов» [1]. В данном контексте, термин OCR обозначает процесс оптического выявления и аппаратное оборудование, предназначенное для автоматизированного считывания текстовых данных (см. рисунок 1). В настоящее время, в индустриальной

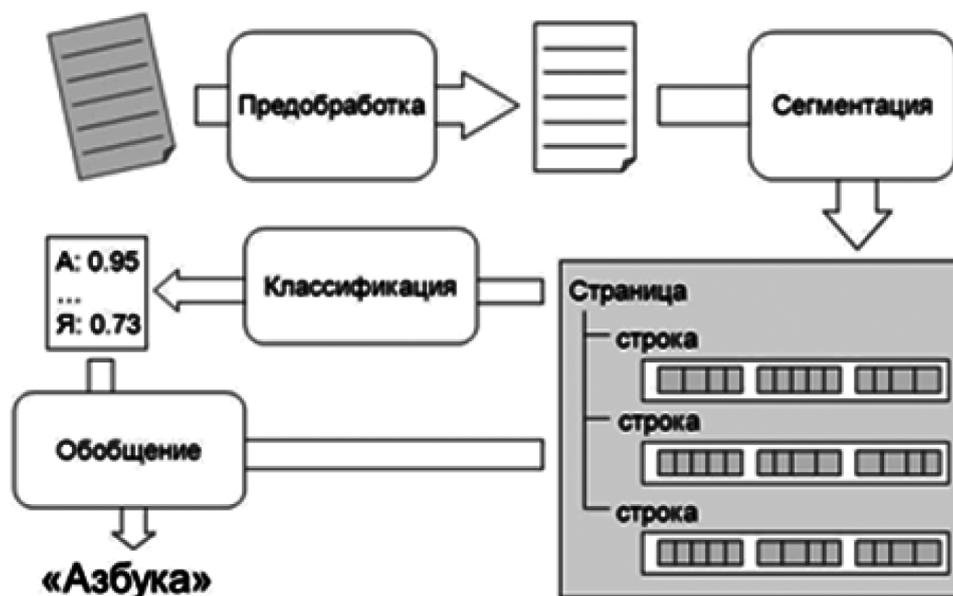


Рис. 1. Структура системы распознавания текста

среде подобное оборудование способно обрабатывать до 100 000 документов в сутки. Под индустриальным применением следует понимать последовательное внедрение в систему дополнительных документов. Этот процесс обусловлен потребностями разнообразных операций обработки (например, обработка переписных листов, налоговых деклараций и т.д.).

Одним из экземпляров подобных систем представляется когнитивный подход, разработанный с целью управления масштабированным вводом документов определенной структуры (подобных, например, налоговым декларациям, формам бухгалтерского учета, документам о платежах и др.).

Система анализа текста на основе комплекса программных компонентов предоставляет возможность параллельного ввода пакетов документов с соответствующими стандартизированными формами. Возможность взаимодействия между модулями, реализованными в локальной сетевой среде, способствует интеграции данных этапов в единую обработку, обеспечивая производительность, способную обработать более 10 тысяч страниц в течение суток [2].

Актуальность

В современном цифровом мире важность автоматизированного распознавания и обработки рукописных текстов приобретает особое значение. Данная статья рассматривает актуальные проблемы, связанные с расшифровкой разнообразных форм рукописного контента, начиная от отдельных символов и до целых текстов.

Статья глубоко исследует процесс распознавания и кластеризации рукописных текстов, разъясняя взаимодействие методов распознавания на основе образов и анализа структуры. В период, когда искусственный интеллект и технологии машинного обучения продолжают развиваться, алгоритмы, представленные в статье, имеют значительное значение для повышения точности и эффективности систем распознавания рукописного текста.

Через изучение сложностей контекстного распознавания, структурного анализа и кластеризации образов статья вносит вклад в развитие интеллектуальных алгоритмов, способных распознавать разнообразные формы рукописных вводов, независимо от изменений шрифтов, размеров или форматов. Более того, исследование методов устранения шума и стратегий коррекции ошибок подчеркивает практическую применимость статьи в реальных условиях.

Релевантность статьи распространяется на такие области, как цифровая документализация, поиск инфор-

мации и обработка языка, где точное и эффективное распознавание рукописных текстов является ключевым фактором. В условиях перехода отраслей к цифровой трансформации алгоритмы и методологии, обсуждаемые в статье, предоставляют ценные научные предпосылки для улучшения качества систем автоматизированного распознавания, тем самым оптимизируя процессы управления информацией.

Метод. Процесс внесения документов в стандартизированную форму включает две стадии: начальную и основную. В начальной фазе происходит формирование шаблона для целевого документа. Указанный шаблон определяет свойства документа, включая состав данных, его структуру, размер страницы, а также местоположение и размер соответствующих полей, тип данных, формат представления, доступный спектр значений и иные детали. Средство Cognitive Form Designer обеспечивает средства для создания и модификации подобных шаблонов. Данный процесс разбивается на шесть последовательных этапов.

Первый этап охватывает процесс цифровой трансформации печатных документов через сканирование и их последующий перевод в электронный формат. Комплексные модули Cognitive Form Designer, включая модуль пакетного сканирования и модуль автоматического сканирования каждой страницы, руководствуют данным процессом.

Второй этап охватывает классификацию и отбор. Подразумевается, что документ может содержать множество страниц, связанных с различными стандартизированными шаблонами. На данном этапе изображения страниц группируются в коллекции, соответствующие конкретным документам. Проблема автоматически решается через модуль обработки когнитивных форм, который включает следующие шаги:

- предварительная обработка графического представления и выделение ключевых графических элементов (границы полей, текстовые строки и пр.).
- выбор наиболее подходящего стандартизированного документа.
- выявление и идентификация данных, относящихся к проверке целостности файла.
- проверка целостности основывается на соответствии последовательности типов страниц заранее установленной структуре, описанной в стандартизированном шаблоне.

Третий этап охватывает пересмотр результатов классификации. Этот этап выполняется оператором, и на него передаются недостаточно полные документы. Приоритетным является выявление и устранение причин возникших проблем [3].

Четвертый этап заключается в идентификации основной информации. Данный процесс осуществляется через модуль обработки когнитивных форм. Графическое представление страницы и уникальное значение элемента данных записываются в системную базу данных. Для улучшения точности распознавания производится логическая проверка и анализ результатов.

Пятый этап включает проверку результатов идентификации. Документы, содержащие нераспознанные или однозначно распознанные элементы данных, направляются оператору. Для проверки и коррекции результатов применяется модуль Cognitive Form Editor.

Шестой этап заключается в передаче утвержденных документов для дальнейшей обработки во внешних приложениях.

Посредством представленных выше этапов обосновывается вывод о наличии недостатков на каждой из стадий в рамках системных решений. К примеру, инструмент FineReader продемонстрировал выдающиеся результаты при распознавании рукописного текста, включающего индивидуально выделенные символы, но выявил значительное количество ошибок в случае текста слиянием написанных слов.

Также когнитивный механизм распознавания текста обладает собственными недостатками. Первоначально, этот подход ограничен в своей применимости к неструктурированному тексту, так как в первую очередь рассчитан на обработку текстов, оформленных в форме стандартизированных документов, специализированных форм и подобных артефактов.

С учетом вышеуказанных характеристик предметной области, следующие аспекты предстают ключевыми в рамках рассмотрения системы распознавания текста:

- диспаратные стили и размеры символов;
- искажения в символьных изображениях, представляющие собой различные артефакты (например, скачки масштаба символа при изменении размера, объединение смежных символов и так далее);
- искажения, возникающие в процессе сканирования;
- вариативные категории символов, требующие распознавания при наличии дополнительной контекстуальной информации.

Процедура автоматизированного извлечения информации из печатных и рукописных текстов представляет собой частный случай автоматизированного восприятия текста и графических изображений. Обширный корпус исследований свидетельствует о том, что наличие интеллектуального распознавания, то есть понимания

и смысла, оказывается неотъемлемым условием для выполнения данной задачи [4].

Тем не менее, на настоящем этапе развития технических систем для распознавания текста проблематика упрощается и сводится к задаче классификации на основе характеристик базовых элементов. Подобное распознавание представляет собой процесс выбора пороговой границы, опираясь на стройный математический аппарат — разделительную гиперплоскость [2].

Наиболее перспективное решение в области распознавания текста включает в себя методику человеческого распознавания. Человеческое восприятие образов представляет собой процесс многостадийного анализа.

Практически все системы распознавания текста базируются на трех важных принципах.

Принцип интегральности изображения: всегда существует взаимосвязь между ключевыми компонентами изучаемых объектов. Локальные действия, проводимые над отдельными частями изображения, находят объяснение лишь в контексте интерпретации полного фрагмента и всего изображения в целом.

Принцип цели: процесс идентификации представляет собой направленную последовательность проверок гипотез (формирование и проверка ожиданий по отношению к объектам).

Принцип адаптации: система распознавания должна обладать способностью к саморегулированию и обучению [3].

Графическое представление символа после сканирования принимает форму точечной матрицы, доступной для последующего пошагового редактирования. Иллюстрация 2 демонстрирует типичный образец буквы «л» или «п».

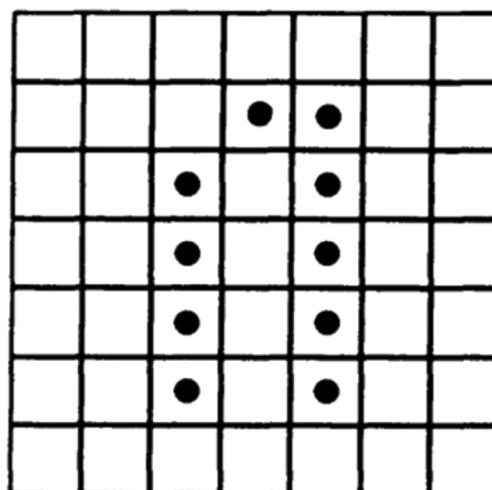


Рис. 2. Пример шейпа

В настоящем контексте, используется информация, извлеченная из результата распознавания смежных текстовых компонентов, для целей выявления аномальных файлов в формате шейп-файла. В наиболее элементарном варианте, контекстом служит само лексическое единство.

Тем не менее, предоставленной информации о конкретном слове нередко недостаточно для осуществления принятия взвешенного решения. В этом случае область анализа контекста расширяется до включения предложения или даже нескольких предложений (частей текста). Внедрение соответствующих механизмов подразумевает включение в рассмотрение трудности интерпретации естественного языка.

Присутствует три вида классификаторов:

- шаблонные.
- признаковые.
- структурные.

В шаблонном классификаторе происходит определение наиболее подходящих шаблонов из имеющейся базы (см. Рисунок 3). Самым элементарным критерием служит минимальное количество различающих точек между узором и текстовой или изображенной информацией.



Рис. 3. Шаблонный классификатор

В процессе анализа осуществляется лишь сопоставление посредством набора числовых характеристик, либо признаков, вычисленных изображением. Таким образом, субъектом распознавания становится не конкретный символ в изоляции, а агрегированный комплекс его свойств, означающих данные, полученные из обследуемого символа. Следовательно, данное установление неизбежно сопровождается утратой некоторой информационной составляющей на более поздних этапах [5].

Классификатор структурного состояния трансформирует шейп-файл символа в его топологическое изображение, содержащее детали об организации структурных компонентов символа. При данном методе обеспечивается инвариантность относительно шрифтового размера и типа. Тем не менее, следует учесть, что данный метод сталкивается с затруднениями в распознавании символов с дефектами, а также может обуславливать замедление процесса обработки.

Современные системы оптического распознавания символов, как правило, воплощают все три вида классификаторов, среди которых особое внимание уделяется применению структурных классификаторов в связи с их актуальной эффективностью. Для обеспечения более высокой скорости работы и улучшения качества распознавания, системы используют комбинированный подход с применением сетей и классификаторов признаков [6].

Автоматические системы включают в свой состав специфическую модель — структурно-пятенный эталон. Данный эталон состоит из набора пятен, снабженных попарными зависимостями, что представлено на Рисунке 4 [7].



Рис. 4. Схема расположения структурных пятен

Принципиальный алгоритм функционирует в основе симбиоза между приемами образов, воплощенными через паттернинг, и строением структурных образцов. В ходе изучения выборочных образцов выделяются узловые акценты объекта, характеризующиеся как «пятна». Сущностные примеры пятен включают:

- узлы, агрегирующие пересечения нескольких линий;
- точечные дефициты в сегментах линий;
- точки пересечения линий.

В процессе выбора «пятен» проводится детерминированное выявление связей между сегментами и арками. Следовательно, финальным описанием становится графическая схема, выступающая как цель поиска в рамках «Структурного точечного образца» [7]. На этапе поиска осуществляется выявление соответствия между точками выборки и эталоном, с последующим определением необходимой степени деформации маркера, необходимой для приведения исследуемого объекта к эталону, подвергнутому сравнению. Уменьшение требуемой деформации коррелируется с повышением вероятности точной идентификации символа [2].

В целях усовершенствования эффективности процесса распознавания применяются различные методы предварительной обработки изображений с включенным текстом, включая, например, методы шумоподавления. Источники шума визуализированного изображения могут охватывать:

- аналоговый шум;
- пыль;
- царапины;
- цифровой шум;
- матрица теплового шума;
- шум в процессе передачи;
- квантование шума аналого-цифровым преобразователем.

Для подавления пространственного шума наблюдается применение в цифровой обработке изображений. В рамках данного контекста выделяют следующие методы:

- адаптивная фильтрация — применение среднего значения к соседним пикселям;
- фильтрация по окрестностям;
- математическая морфология;
- операция размытия по Гауссу;
- метод главных компонент.

По завершении этапа распознавания возможны дополнительные корректировки с целью повышения точности распознавания спорных символов (подразумевающих наличие нескольких кандидатов с примерно одинаковыми степенями соответствия многорежимному шаблону). Примерами таких корректирующих методов могут быть:

- анализ лингвистических особенностей сочетания символов;
- использование языковых словарей;
- грамматический анализ;
- иные стратегии.

Неустойчивость автоматизированного визуального восприятия на текущий момент еще не преодолена в полной мере сравнительно с человеческим способом восприятия текста. Основной коренной сущностью данной ситуации является выявление трудностей в построении компьютерных моделей предметной области, способных отразить полноту и семантику человеческого понимания [8].

Заключение

Анализируя существующие методы оптического распознавания текста, можно заключить, что метод «точечной матрицы структуры» представляет собой наилучший выбор в силу своей способности комбинировать преимущества различных методик, обеспечивая тем самым достаточную гибкость в рамках процесса распознавания рукописного ввода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шамис А.Л. Принципы интеллектуализации автоматического распознавания / А.Л. Шамис. — К: 2019 — 312 с.
2. Шлезингер М. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию: лекции / М. Шлезингер, В. Главач. — М.: Наука, 2020 — 112 с.
3. Шлезингер М. Структурное распознавание / М. Шлезингер, В. Главач. — Киев: Наука, 2019 — 300 с.
4. Гаврилов Г.П. Логический подход к искусственному интеллекту / Г.П. Гаврилов. — М.: Мир, 2019 — 256 с.
5. Wilkinson R.A. The First Census Optical System / R.A. Wilkinson. — Gaithersburg: NIST, 2020 — 242 с.
6. Электронный ресурс по искусственному интеллекту. — URL: Research Library.
7. Электронный ресурс по нейронным сетям. — URL: StatSoft
8. Абраменко А. Принципы распознавания / А. Абраменко. — К: Кнорус, 2020 — 123 с.

ОБЗОР БИБЛИОТЕКИ DIFFERENTIALEQUATIONS.JL ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Комаров Петр Олегович

Аспирант, Российский университет
дружбы народов (РУДН)
pokomarov98@gmail.com

OVERVIEW OF THE DIFFERENTIALEQUATIONS.JL LIBRARY FOR SOLVING DIFFERENTIAL EQUATIONS BY NUMERICAL METHODS

P. Komarov

Summary. The article provides an overview of one of the most powerful tools created for solving differential equations by numerical methods — the DifferentialEquations.jl library, created on the basis of the Julia programming language. Results: a) the essence of the Julia programming language is indicated and its key advantages are highlighted; b) the main functional capabilities of the DifferentialEquations.jl library are described; c) examples of solving differential equations by means of the DifferentialEquations.jl library are considered; d) the comparative analysis of the software allowing to solve differential equations is carried out; e) it is revealed that the DifferentialEquations.jl library reflects the advantages of numerous other products, but its documentation is quite voluminous.

Keywords: Julia, programming, differential equations, numerical methods, Differential Equations.jl library.

Аннотация. В статье проводится обзор одного из наиболее мощных инструментов, созданных для решения дифференциальных уравнений численными методами — библиотеки DifferentialEquations.jl, созданной на базе языка программирования Julia. Результаты: а) указана сущность языка программирования Julia и выделены его ключевые преимущества; б) описаны основные функциональные возможности библиотеки DifferentialEquations.jl; в) рассмотрены примеры решения дифференциальных уравнений с помощью библиотеки DifferentialEquations.jl; г) проведён сравнительный анализ программного обеспечения, позволяющего решать дифференциальные уравнения; д) установлено, что в библиотеке DifferentialEquations.jl отражены сильные стороны иных многочисленных продуктов, однако её документация является довольно объёмной.

Ключевые слова: Julia, программирование, дифференциальные уравнения, численные методы, библиотека DifferentialEquations.jl.

Введение

Решение дифференциальных уравнений — актуальная повестка для математиков, физиков, астрономов, инженеров и иных специалистов, занятых расширением края передовых наук. На заре третьего десятилетия XXI в., когда искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети и иные цифровые технологии становятся всё более востребованными, актуальность не теряет и необходимость решения дифференциальных уравнений, поскольку в современной науке многие непростые физические процессы описываются именно с их помощью [Ильичев, Юрик и Медов, 2022].

В последнее время популярность набирает относительно молодой язык программирования Julia, представляющий собой универсальный и уже достаточно зрелый [Кулябов и Королькова, С. 49], гибкий динамический язык программирования и научных вычислений [Зырянов, Емельянов и Лещенко, 2020], который может быть использован во многих интересных областях (проекты в области науки о данных, корпоративные приложения, работа с пространствами имен, модулями и пакетами и мн. др. [Kwong, 2020]). В частности, одной из особенно-

стей Julia является функциональная возможность решения дифференциальных уравнений численными методами, заданная библиотекой DifferentialEquations.jl.

1. Сущность языка программирования Julia и его преимущества

Ни один из общепринятых языков (C/C++, Fortran, MATLAB или Python) не может сбалансировать производительность и эффективность. Альтернативный подход состоит в объединении статических и динамических языков: для того, чтобы преодолеть эту «проблему двух языков», в Массачусетском технологическом институте в 2009 г. была начата работа по разработке языка Julia с открытым исходным кодом. Первоначальное намерение языка Julia состояло в том, чтобы объединить производительность и эффективность [Bezanson et al, 2012].

Язык программирования Julia был выпущен в 2012 г. четырьмя экспертами: А. Эдельманом, С. Карпински, Дж. Безансоном и В. Шахом. На сегодняшний день актуальной версией данного языка является Julia 1.9. Это свободный язык программирования с открытым исходным кодом, который ориентирован в основном на вычисле-

ние научных, в том числе математических вычислений. Роль языка Julia заключается в том, что он позволяет устранить компромисс в производительности и предоставить единую среду, достаточно производительную для создания прототипов и достаточно эффективную для развертывания приложений, требовательных к производительности [Julia 1.9..., 2023].

Julia — это язык сценариев, который используется вместо таких языков, как R, Python, MATLAB, но предлагает производительность, которую можно ассоциировать с низкоуровневыми скомпилированными языками. Это позволяет пользователям запускать прототипы в Julia, а также решать свои крупномасштабные модели на одном языке, вместо того чтобы прибегать к решениям на двух языках, когда требуется производительность.

Julia достигает этой цели за счет широкого использования множественной диспетчеризации и метапрограммирования для разработки языка, который одновременно прост для понимания компилятором и прост в использовании для программиста [Bezanson et al, 2017].

Несмотря на то, что сегодня количество языков программирования является достаточно большим, и каждая компания или IT-специалист вправе самостоятельно выбирать тот язык, который лучше подходит для достижения целей деятельности, каждый из них обладает рядом уникальных преимуществ. Так, Б. Лауенс и А.Б. Дауни выделяют следующие ключевые характеристики Julia:

- язык Julia разработан как высокопроизводительный язык программирования;
- язык Julia использует множественную диспетчеризацию, позволяющую программисту выбирать из различных шаблонов программирования, адаптированных к приложению. [Королькова, Геворкян и др., 2022, 2022].
- язык Julia — это динамически типизированный язык, который можно легко использовать в интерактивном режиме;
- у языка Julia приятный высокоуровневый синтаксис, который легко выучить;
- язык Julia — это необязательно типизированный язык программирования, чьи (определяемые пользователем) типы данных делают код более понятным и надежным;
- у языка Julia есть расширенная стандартная библиотека и доступно множество сторонних пакетов [Lauwens and Downey, 2019, P, 10].

Отечественные учёные также выделяют следующие преимущества использования Julia: удобную документацию; наличие макросов и иных возможностей метапрограммирования; поддержку юникода; наличие встроенного пакетного менеджера; открытость проекта, или open source [Зырянов, Емельянов и Лещенко, 2020, С. 55].

В целом следует отметить, что Julia объединяет преимущества других языков и фокусируется на научных вычислениях и анализе данных. Julia синтаксически похож на динамические языки, такие как MATLAB и Python, что делает его относительно простым в изучении. С точки зрения эффективности, Julia соответствует производительности C/C++ и FORTRAN и намного быстрее, чем MATLAB и Python.

2. Возможности библиотеки DifferentialEquations.jl

Дифференциальные уравнения являются фундаментальными компонентами многих научных моделей; они используются для описания крупномасштабных физических явлений, таких как планетарные системы и климат Земли, вплоть до биологических явлений меньшего масштаба, таких как биохимические реакции и процессы развития. Вследствие повсеместного распространения этих уравнений были разработаны стандартные наборы решателей, такие, как, например, набор Shampine ODE для MATLAB, коды Хайера на Фортране и решатели Sundials CVODE. Цель библиотеки DifferentialEquations.jl состояла в том, чтобы построить основу, созданную предыдущими библиотеками дифференциальных уравнений, и модернизировать их с помощью программного языка Julia [Xiao et al, 2022].

Решение дифференциальных уравнений с помощью Julia лежит в плоскости научного машинного обучения (SciML — Scientific Computing + Machine Learning). Организация SciML — это набор инструментов, предназначенных для решения уравнений и систем моделирования, разработанных на языке программирования Julia с возможностью привязки к иным языкам, таким как R и Python. Также SciML — это единая экосистема, состоящая из хорошо поддерживаемых инструментов. Она имеет согласованный принцип разработки, унифицированные API-интерфейсы для больших наборов решателей уравнений, всеобъемлющий анализ дифференцируемости и чувствительности, а также многие из самых высокопроизводительных и параллельных реализаций [Julia 1.9..., 2023]. Так, например, в отличие от большинства пакетов дифференциальных уравнений, которые требуют, чтобы пользователь понимал некоторые детали реализации библиотеки, экосистема DifferentialEquations.jl реализует различные предметно-ориентированные языки с помощью макросов, чтобы предоставить более естественные возможности для определения математических конструкций [Rackauckas and Nie, 2017].

DifferentialEquations.jl — это набор для численного решения дифференциальных уравнений, написанный на языке Julia и доступный для использования в Julia, Python и R. Целью этой библиотеки (пакета) является предоставление эффективных реализаций Julia для решателей различных дифференциальных уравнений.

DifferentialEquations.jl включает в себя современный набор решателей дифференциальных уравнений, предлагающих унифицированный пользовательский интерфейс для решения и анализа дифференциальных уравнений без ущерба для функций или производительности [Lindner, 2021]. Уравнения в области этого пакета включают:

- дискретные уравнения (функциональные карты, дискретное стохастическое моделирование);
- обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ);
- разделенные и разделенные ОДУ (симплектические интеграторы, методы IMEX);
- стохастические обыкновенные дифференциальные уравнения (СОДУ или СДУ);
- стохастические дифференциально-алгебраические уравнения (СДАУ);
- случайные дифференциальные уравнения (RODE или RDE);
- дифференциальные алгебраические уравнения (ДАУ);
- дифференциальные уравнения с запаздыванием (DDE);
- нейтральные, запаздывающие и алгебраические дифференциальные уравнения с запаздыванием (NDDE, RDDE и DDAE);
- стохастические дифференциальные уравнения с запаздыванием (SDDE);
- экспериментальную поддержку стохастических нейтральных, запаздывающих и алгебраических дифференциальных уравнений с запаздыванием (SNDDE, SRDDE и SDDAE);
- смешанные дискретные и непрерывные уравнения (Hybrid Equations, Jump Diffusions);
- стохастические дифференциальные уравнения в частных производных ((S)PDE).

Кроме того, DifferentialEquations.jl имеет встроенные функции анализа, в том числе:

- прямой и сопряженный анализ чувствительности (автоматическое дифференцирование) для быстрых вычислений градиента;
- оценку параметров и байесовский анализ;
- нейронные дифференциальные уравнения с DiffEqFlux.jl для эффективного научного машинного обучения (научного машинного обучения) и научного искусственного интеллекта;
- автоматическое распределенное, многопоточное и графическое параллельное моделирование ансамбля;
- глобальный анализ чувствительности;
- количественную оценку неопределенности.

Благодаря широкому использованию множественной диспетчеризации, метапрограммирования, рецептов построения графиков, интерфейсов внешних функ-

ций (FFI) и перегрузки вызовов [Rackauckas and Nie, 2017], DifferentialEquations.jl предлагает унифицированный пользовательский интерфейс для решения и анализа различных форм дифференциальных уравнений без ущерба для функций или производительности.

3. Примеры решения дифференциальных уравнений с помощью DifferentialEquations.jl

Использование библиотеки DifferentialEquations.jl предполагает выполнение трёх шагов: определение проблемы; решение проблемы и построение решения [Julia 1.9..., 2023]. Самым простым примером использования численного метода посредством для построения решения является поиск простых чисел до 3 млн, представленный в работе А. В. Рожкова и А. В. Барсуковой [Рожков и Барсукова, 2022] (листинг 1).

Листинг 1: код программы поиска простых чисел до 3 млн

```
julia> using Nemo
Welcome to Nemo version
0.29.1
Nemo comes with absolutely no
warranty whatsoever
julia> function Ros(m,n)
    N = 1
    for i= m:n
        if
isprobable_prime(ZZ(2*i+1))
            N+=1
        end
    end
    print(N)
end
Ros (generic function with
1 method)
julia> @time Ros(1,15*10^5)
216816 0.521483 seconds
1.51 м allocations:
23.168 мib
```

Так, посредством подключения алгебраического пакета Nemo и использования макроса @time был получен результат, согласно которому время вычислений составило всего лишь приблизительно полсекунды.

В качестве наиболее типичного примера решения дифференциальных уравнений с помощью DifferentialEquations.jl можно назвать знаменитую систему уравнений Лоренца (формулы 1–3):

$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x) \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = x(\rho - z) - y \quad (2)$$

$$\frac{dz}{dt} = xy - \beta z \quad (3)$$

Для построение решения в Julia пользователь должен переписать эту функцию таком формате, который будет «понятен» компьютеру, определив $u=[x;y;z]$ в качестве вектора и записав уравнение в терминах этого вектора. Формат ODE.jl, аналогичный другим языкам сценариев, таким как SciPy или MATLAB, выглядит следующим образом (листинг 2).

Хотя этот формат принимается в библиотеке DifferentialEquations.jl, предоставляются дополнительные макросы удобства использования, которые будут автоматически преобразовывать пользовательский ввод из более математического формата.

Так, для обыкновенного дифференциального уравнения предоставляется @ode_def, который позволяет пользователю определить то же самый обыкновенное дифференциальное уравнение следующим образом (листинг 3).

```
Листинг 2: Описание формата ODE.jl
f = (t,u,du) -> begin
du[1] = 10*(u[2]-u[1])
du[2] = u[1]*(28-u[3]) - u[2]
du[3] = u[1]*u[2] - 8/3*u[3]
end
```

```
Листинг 3: Описание макроса @ode_def
f = @ode_def Lorenz begin
dx = σ*(y-x)
dy = x*(ρ-z) - y
dz = x*y - β*z
end σ=>10. ρ=>28. β=(8/3)
```

Поскольку Julia позволяет использовать юникод в коде, этот формат соответствует стилю, который можно было бы ожидать в публикации TeX. Макрос принимает это определение, находит значения для левой части формы «d_» и использует словарь для поиска или замены этих значений для записи функции в формате других библиотек языка сценариев. Таким образом, с помощью библиотеки DifferentialEquations.jl может быть выполнен перевод в векторную систему, что позволяет пользователям иметь более читаемые сценарии без ущерба для производительности.

Ещё одним примером является представленное на официальном сайте Julia моделирование внешней Солнечной системы на основе данных, представленных в книге Э. Хайрера, К. Любича и Г. Ваннера [Hairer, Lubich and Wanner, 1999].

В качестве выбранных единиц анализа выступили массы относительно солнца (солнце имеет массу 1), т.е. с учётом внутренних планет $m_0 = 1.00000597682$. Расстояния были выражены в астрономических единицах, а время — в земных сутках, поэтому гравитационная постоянная (G) равнялась $2,95912208286 \times 10^{-4}$. Представим исходные данные в таблице (табл. 1). Применяя

Таблица 1.

Исходные данные для моделирования внешней Солнечной системы с помощью DifferentialEquations.jl

Планета	Масса	Исходное положение	Начальная скорость
Юпитер	$m_1 = 0.000954786104043$	<ul style="list-style-type: none">-3.5023653-3.8169847-1.5507963	<ul style="list-style-type: none">0.00565429-0.00412490-0.00190589
Сатурн	$m_2 = 0.000285583733151$	<ul style="list-style-type: none">9.0755314-3.0458353-1.6483708	<ul style="list-style-type: none">0.001683180.004835250.00192462
Уран	$m_3 = 0.0000437273164546$	<ul style="list-style-type: none">8.3101420-16.2901086-7.2521278	<ul style="list-style-type: none">0.003541780.001371020.00055029
Нептун	$m_4 = 0.0000517759138449$	<ul style="list-style-type: none">11.4707666-25.7294829-10.8169456	<ul style="list-style-type: none">0.002889300.001145270.00039677
Плутон	$m_5 = 1/(1.3108)$	<ul style="list-style-type: none">-15.5387357-25.2225594-3.1902382	<ul style="list-style-type: none">0.00276725-0.00170702-0.00136504

Источник: [Simulating the Outer Solar System..., 2023]

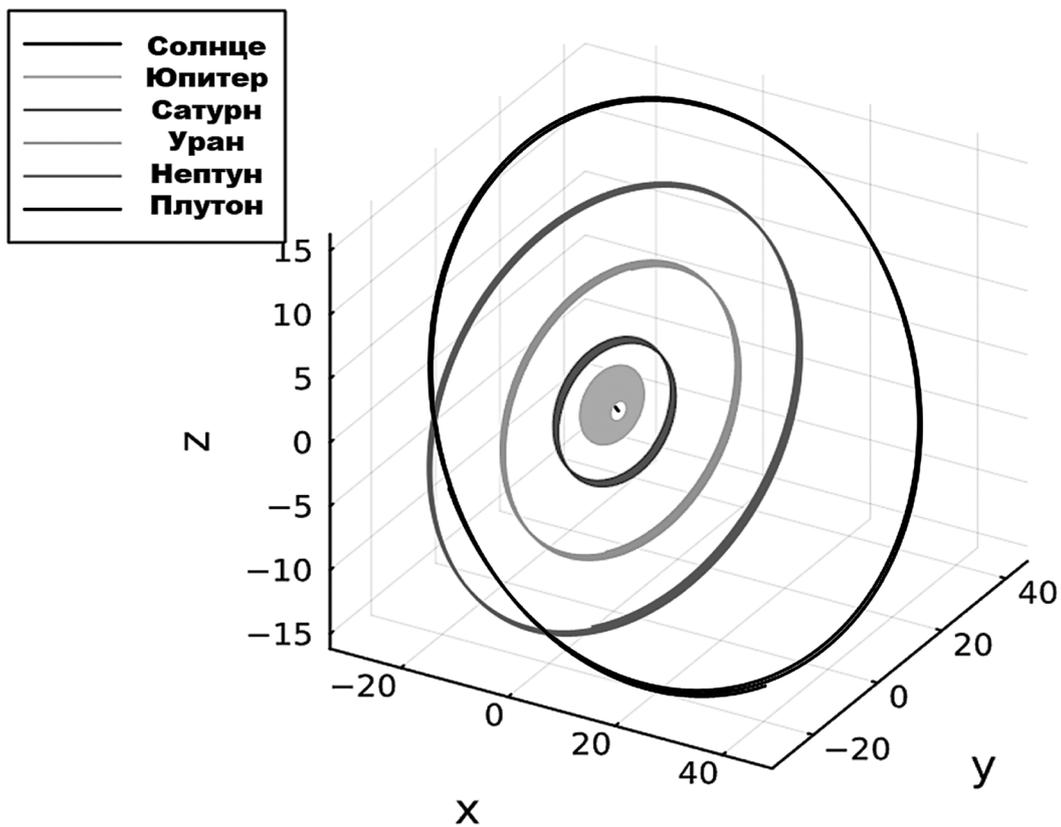


Рис. 1. Моделирование внешней Солнечной системы [Simulating the Outer Solar System..., 2023]

расчёты в области Гамильтоновой системы, в частности, гравитационную задачу N тел (N-body problem), можно на языке Julia построить проблему обычного дифференциального уравнения второго порядка и, запустив код, вывести решение, в том числе через стандартный plot показать движение пяти внешних планет относительно Солнца (рис. 1).

Таким образом, эти и другие примеры решения дифференциальных уравнений с помощью библиотеки (пакета) DifferentialEquations.jl наглядно демонстрируют возможности Julia.

4. Сравнение DifferentialEquations.jl с другими продуктами в области решения дифференциальных уравнений

Существующие пакеты программного обеспечения для различных научных задач написаны в основном на C/C++, Fortran, MATLAB или Python. Однако статические языки (C/C++ и Fortran) работают быстро, однако их относительно сложно использовать, и требуется длительное время для обучения, что не способствует их использованию непрофессиональными разработчиками. В тоже время динамические языки высокого уровня (Python и MATLAB) имеют больше преимуществ с точки зрения низких затрат на обучение, сильных визуализаций и взаимодействий, что привело к их преобладанию

в современных научных вычислениях, однако они обычно оказываются неэффективными при решении ресурсоемких задач и при этом чрезмерно дорогостоящими.

Именно поэтому Julia обладает преимуществами обоих типов языков. Синтаксис этого языка достаточно прост, легок и выразителен, как и в языках высокого уровня. Кроме того, язык Julia упрощает утомительный синтаксис. Так, например, используя программу имитации полета, Р. Селлс сравнил количество кода, которое используется в Julia, с кодами других языков, и результаты показали, что количество строк кода (LOC) для C++, Java и Python составляет в 2,5, 2, и в 1,5 раза больше соответственно, чем у Julia для той же модели [Sells, 2020].

Более того, из-за подхода к компиляции «точно в срок» (JIT — Just-In-Time), основанного на низкоуровневой виртуальной машине (LLVM), Julia немного медленнее, чем статические языки, но намного быстрее, чем другие динамические языки. Так, это наглядно демонстрируют результаты микротестов, которые проверяют производительность компилятора на ряде распространенных шаблонов кода, таких как вызовы функций, синтаксический анализ строк, сортировка, числовые циклы, генерация случайных чисел [Геворкян и др., 2022], рекурсия и операции с массивами [Julia Micro-Benchmarks..., 2023].

Кроме того, в недавней работе одного из лидеров в области развития Julia, К. Ракаускаса, представлено обзор решений дифференциальных уравнений в таких средах, как MATLAB, R, Julia, Python, C, Mathematica, Maple, and Fortran.

Он отмечает, что по сравнению с большинством других наборов, которые предлагают не более пятнадцати методов на высоком уровне, библиотека (пакет) DifferentialEquations.jl предлагает более двухсот методов, при этом функционал библиотеки постоянно расширяется [Rackauckas, 2023]. Так, как и стандартные пакеты Python и R, DifferentialEquations.jl предлагает обертки для методов Sundials, ODEPACK и Hairer. Однако, поскольку

код Julia всегда компилируется в JIT, с точки зрения эффективности его оболочки больше похожи на PyDSTool или JiTCODE. Таким образом, DifferentialEquations.jl доступны все стандартные методы, имеющиеся в иных решениях.

В частности, для решения обычных дифференциальных уравнений библиотека DifferentialEquations.jl включает такие методы, как методы Рунге-Кутты, (E)SDIRK методы, методы Розенброка, а также некоторые уникальные методы (методы Вернера, метод Богацки-Шампина, методы OwrenZen и мн. др.). При этом и собственные методы Julia также очень хорошо тестируются, и все тесты находятся в открытом доступе. При этом пользо-

Таблица 2.1.

Сравнительный анализ программного обеспечения для решения дифференциальных уравнений

Тема/продукт	MATLAB	SciPy	deSolve	DifferentialEquations.jl	Sundials	Hairer	ODEPACK/Netlib /NAG
Язык	MATLAB	Python	R	Julia	C++ and Fortran	Fortran	Fortran
Выбор методов для ОДУ	2	1	1	4	3	3	3
Эффективность	1	1	1	4	4	3	3
Настраиваемость	2	1	1	4	4	3	3
Обработка событий	3	3	2	4	3	0	3
Символическое вычисление якобианов и автоматическое дифференцирование	0	0	0	3	0	0	0
Комплексные числа	4	3	0	3	0	0	0
Числа произвольной точности	0	0	0	4	0	0	0
Управление решателями	0	1	0	4	4	3	—
Встроенный параллелизм	0	0	0	4	4	0	0
Решатели дифференциально-алгебраических уравнений (DAE)	3	0	3	4	3	4	3
Неявно определенные решатели DAE	3	0	4	2	4	0	4
Решатели дифференциальных уравнений с постоянной задержкой (DDE)	2	0	1	4	0	3	2
Зависящие от состояния решатели DDE	1	0	1	4	0	4	3
Решатели стохастических дифференциальных уравнений (SDE)	1	0	0	4	0	0	0
Специализированные методы для ОДУ второго порядка и гамильтониана (и симплектических интеграторов)	0	0	0	4	0	3	0
Решатели краевых задач (BVP)	3	2	0	3	0	0	3
Совместимость с графическим процессором	0	0	0	4	0	0	0
Аналитические дополнения (анализ чувствительности, оценка параметров и т.д.)	0	0	0	4	4	0	3

Источник: [Rackauckas, 2023]

Таблица 2.2.

Сравнительный анализ программного обеспечения для решения дифференциальных уравнений

Тема/продукт	JitCODE	PyDStool	FATODE	GSL	BOOST	Mathematica	Maple
Язык	Python	Python	Fortran	C	C++	Mathematica	Maple
Выбор методов для ОДУ	1	1	3	1	2	2	2
Эффективность	3	3	3	2	2	2	3
Настраиваемость	2	2	2	2	2	3	2
Обработка событий	0	2	0	0	0	3	3
Вычисление якобианов и авто-дифференцирование	0	0	0	0	0	4	4
Комплексные числа	0	0	0	0	3	4	4
Числа произвольной точности	0	0	0	0	4	4	4
Управление линейными/нелинейными решателями	0	0	0	0	0	2	0
Встроенный параллелизм	0	0	0	0	2	0	0
Решатели дифференциально-алгебраических уравнений (DAE)	0	2	3	0	0	3	3
Неявно определенные решатели DAE	0	0	0	0	0	3	0
Решатели дифференциальных уравнений с постоянной задержкой (DDE)	2	0	0	0	0	3	4
Зависящие от состояния решатели DDE	0	0	0	0	0	0	4
Решатели стохастических дифференциальных уравнений (SDE)	3	0	0	0	0	2	1
Специализированные методы для ОДУ второго порядка и гамильтониана (и симплектических интеграторов)	0	0	0	0	2	3	0
Решатели краевых задач (BVP)	0	0	0	0	0	3	2
Совместимость с графическим процессором	0	0	0	0	4	0	0
Аналитические дополнения (анализ чувствительности, оценка параметров и т.д.)	0	1	3	0	0	4	0

Источник: [Rackauckas, 2023]

вателю предоставляется полный контроль, поскольку сами решатели дифференциальных уравнений написаны, по сути, как метод в интерфейсе обработки событий, что означает, что все, что решатели могут делать внутри, может делать и пользователь (исследователь).

В таблицах (табл. 2.1–2.2) представлены сравнение библиотеки DifferentialEquations.jl с тринадцатью иными продуктами для решения дифференциальных уравнений. Функциональность каждого программного обеспечения определяется по четырехбалльной шкале, где: 0 — функциональность не существует; 1 — функциональность существует, но является неполной; 2 — базовые функции существуют; 3 — базовые функции существуют и существует некоторая дополнительная возможность настройки (например, может включать дополнительные

методы для повышения эффективности); 4 — продукт имеет все базовые функции и многое другое (например, дополнительные функции для гибкости и эффективности).

Сравнительный анализ (табл. 2.1–2.2) показывает, что в DifferentialEquations.jl, по сути, отражены сильные стороны каждого из других наборов. Главная причина этого заключается в том, что библиотека DifferentialEquations.jl изначально была разработана именно для этого.

Единственным недостатком является то, что из-за того, что DifferentialEquations.jl настолько ориентирован на функциональность и производительность, его документация является очень объемной [Rackauckas, 2023]. Однако, отметим, что, она представлена в максимально

открытой и явной форме, а это, предполагается, у заинтересованных учёных вызовет интерес, который перекроет вызванные трудности с чтением документации Julia и, в частности, DifferentialEquations.jl.

Заключение

Язык Julia — это относительно молодой язык, который, тем не менее, быстро внедряется в области науки о данных и научных вычислений благодаря той высокой производительности, которую он предлагает. Вследствие этого многим учёным, использующим Julia, эти инструменты понадобятся либо в качестве средства для анализа самих моделей, либо в качестве промежуточных инструментов в более сложных методах.

Благодаря своей применимости ко многим классам дифференциальных уравнений, включенным ин-

струментам анализа для выполнения оценки параметров и анализа чувствительности, а также быстрому темпу разработки этого программного обеспечения, DifferentialEquations.jl выглядит жизнеспособным выбором для многих желающих исследователей, которые используют библиотеку дифференциальных уравнений.

Кроме того, Julia — это легко расширяемая среда, поскольку представляет собой программное обеспечение с открытым исходным кодом и модульной структурой. Язык Julia довольно конкурентоспособен для использования в научных вычислениях. JIT-компиляция, основанная на LLVM и специальной системе типов, позволяет Julia решать ресурсоемкие задачи. Более того, стандартные пакеты Julia могут превосходить по эффективности некоторые коммерческие программы, что является исключительным преимуществом решения дифференциальных уравнений числовыми методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зырянов Д.М., Емельянов А.А., Лещенко К.С. Язык научных вычислений Julia // Оригинальные исследования. — 2020. — Т. 10. — №. 9. — С. 50–56.
2. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А., Медов Д.С. Решение дифференциальных уравнений в частных производных с использованием функций языка Julia // E-Scio. — 2022. — №. 2 (65). — С. 251–260.
3. Геворкян М.Н., Королькова А.В., Кулябов Д.С. Реализация гиперболических комплексных чисел на языке Julia // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2022. — Т. 30. — №4. — С. 318–329.
4. Кулябов Д.С., Королькова А.В. Компьютерная алгебра на Julia // Программирование. — 2021. — №. 2. — С. 44–50.
5. Рожков А.В., Барсукова А.С. Экспериментальная математика и язык Julia—локальное распределение простых чисел // Новые информационные технологии в образовании и науке. — 2022. — №. 2. — С. 6.
6. Bezanson J. et al. Julia: A fast dynamic language for technical computing // arXiv preprint arXiv:1209.5145. — 2012.
7. Bezanson J. et al. Julia: A fresh approach to numerical computing // SIAM review. — 2017. — Т. 59. — №. 1. — pp. 65–98.
8. Hairer E., Lubich C., Wanner G. Numerical geometric integration // Unpublished Lecture Notes, March. — 1999.
9. Lauwens B., Downey A. B. Think Julia: how to think like a computer scientist. — O'Reilly Media, 2019.
10. Lindner M. et al. NetworkDynamics. jl—Composing and simulating complex networks in Julia // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. — 2021. — Т. 31. — №. 6
11. Kwong T. Hands-On Design Patterns and Best Practices with Julia: Proven solutions to common problems in software design for Julia 1. x. — Packt Publishing Ltd, 2020.
12. Rackauckas C., Nie Q. Differentialequations.jl — a performant and feature-rich ecosystem for solving differential equations in Julia //Journal of open research software. — 2017. — Т. 5. — №. 1.
13. Rackauckas C. A comparison between differential equation solver suites in MATLAB, R, Julia, Python, C, Mathematica, Maple, and Fortran //Authorea Preprints. — 2023.
14. Xiao L. et al. Julia language in computational mechanics: A new competitor //Archives of Computational Methods in Engineering. — 2022. — Т. 29. — №. 3. — С. 1713–1726.
15. Sells R. Julia programming language benchmark using a flight simulation // 2020 IEEE Aerospace Conference. — IEEE, 2020. — pp. 1-8.
16. Simulating the Outer Solar System. — URL: https://docs.sciml.ai/DiffEqDocs/stable/examples/outer_solar_system/
17. Julia 1.9 Documentation. — URL: <https://docs.julialang.org/en/v1/>
18. Julia Micro-Benchmarks. — URL: <https://julialang.org/benchmarks/>

© Комаров Петр Олегович (pokomarov98@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕДОПУСТИМЫХ ДОЗ ФЛИКЕРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ¹

DETERMINATION OF THE UNACCEPTABLE FLICKER DOSES SOURCES IN ELECTRIC NETWORKS²

**D. Kudelina
V. Biryulin**

Summary. The article deals with the issues of electricity quality maintaining in power supply systems and the problems associated with electrical energy quality violation sources determining in power supply systems, including equipment which creates rapid voltage changes. It is shown that power receivers with a sharply variable operating mode are potential sources of significant fluctuations in the consumed current and voltage in the electrical network of power supply systems, which can lead to unacceptable values of one of the power quality indicators — flicker. A simplified method for finding the locations of flicker sources based on the values of derivative currents at various points of the electrical network is proposed. The computer simulation of the scheme of the power supply system with power receivers, which have both a calm and a sharply variable nature of work, has been performed. It is shown that the current derivatives values at various points of the electrical network can be used to determine the unacceptable flicker doses sources. The proposed method allows the use of fairly simple hardware to identify electrical energy quality violation sources.

Keywords: quality, electric power, flicker, sharply variable load, computer simulation, flicker dose.

Куделина Дарья Васильевна

Кандидат технических наук,
доцент кафедры электроснабжения,
Юго-Западный государственный университет, Курск
mary_joy@mail.ru

Бирюлин Владимир Иванович

Кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный
государственный университет, Россия, Курск
bir1956@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы поддержания качества электроэнергии в системах электроснабжения и проблемы, связанные с определением источников нарушения качества электрической энергии в системах электроснабжения, в том числе оборудования, создающего быстрые изменения напряжения. Показано, что электроприемники с резко переменным режимом работы являются потенциальными источниками значительных колебаний потребляемого тока и напряжения в электрической сети систем электроснабжения, что может приводить к недопустимым значениям одного из показателей качества электроэнергии — фликера. Предлагается упрощенный способ нахождения мест расположения источников фликера на основе значений производных токов в различных точках электрической сети. Выполнено компьютерное моделирование схемы системы электроснабжения с электроприемниками, имеющими как спокойный, так и резко переменный характер работы. Показано, что по значениям производных тока в различных точках электрической сети можно определять источники возникновения недопустимых доз фликера. Предлагаемый способ позволяет использовать довольно простые аппаратные средства для выявления источников нарушения качества электрической энергии.

Ключевые слова: качество, электроэнергия, фликер, резко переменная нагрузка, компьютерное моделирование, доза фликера.

Введение

Жизнь современного общества во многом определяется потреблением разнообразной товарной продукции. В состав этой продукции входят и различные виды энергоносителей, включая и электрическую энергию. Для потребителей вопросы качества приобретаемой товарной продукции всегда были актуальными, в том числе и для электрической энергии. Качество любого товара выражается в общем случае значениями определенных его характеристик. Для электроэнергии необходимость поддержания качества объ-

ясняется прежде всего тем, что только при выполнении требований к качеству существует нормальный режим работы для электрооборудования, входящего в состав электроустановок энергоснабжающих организаций и потребителей, различных электроприемников, таких как электрические машины, установки электрического освещения.

Само же качество электроэнергии выражается как степень соответствия установленных нормативами характеристик, значения которых должны выполняться прежде всего в точках, где происходит передача элек-

¹ Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-5109.2022.4 «Разработка автоматизированной системы выявления объектов, оказывающих негативное влияние на качество электроэнергии».

² The publication was carried out with the Russian Federation President Grant financial support for young scientists state support — Candidates of Science, project No. MK-5109.2022.4 «An automated system development for identifying objects which have a negative impact on power quality».

троэнергии от поставщика к потребителям [1]. Данные точки чаще всего находятся на границах балансового раздела между поставщиками и потребителями электрической энергии. В этих точках при мониторинге качества электроэнергии должны производиться измерения показателей качества электроэнергии, определяющих контролируемые характеристики, относящиеся к напряжению в электрической сети.

При работе систем электроснабжения происходят непрерывные изменения контролируемых характеристик и связанных с ними показателей. Данные изменения возникают из-за действия многих факторов, к которым относятся:

- суточные и сезонные колебания значений нагрузок потребителей электрической энергии;
- влияние на электрические сети различных электроприемников, например, сварочных установок, имеющих резко переменный характер работы;
- изменения схем электрических сетей;
- процессы включения и отключения электроприемников, особенно большой мощности, сопровождающиеся негативными электромагнитными явлениями [2–4].

Литературный обзор

Напряжение в электрической сети может изменяться как сравнительно медленно, прежде всего из-за суточных колебаний нагрузки, так и достаточно быстро по разным причинам, но чаще всего вследствие процессов коммутации нагрузки и работы специфичных электроприемников, создающих резко переменную нагрузку в контролируемой электрической сети. Появление значительных по своей величине быстрых изменений напряжения создает нежелательный эффект. Прежде всего, этот негативный эффект возникает в системах электрического освещения, где появляются заметные и большие быстрые изменения светового потока, что приводит к большой нагрузке на зрение людей, находящихся в помещениях с этими осветительными установками [5, 6].

Субъективное восприятие человеком колебаний светового потока, создающихся быстрыми изменениями или колебаниями напряжения, называется фликером. Появление фликера приводит к повышенному утомлению человека, что недопустимо, прежде всего, в условиях производства из-за роста выпуска некачественной продукции и увеличения вероятности возникновения производственных травм [7–9]. Поэтому проблемы, связанные с работой электрических сетей при колебаниях напряжения, сопровождающихся значительным фликером, являются актуальными, что показывают публикации в отечественных и зарубежных источниках [10–15].

Для оценки допустимости или недопустимости фликера в электрической сети применяются два показателя [10–15]:

- кратковременная доза фликера, предельно допустимое значение за период контроля качества электроэнергии должно в относительных единицах равняться 1,38;
- длительная доза фликера, предельно допустимое значение за период контроля качества электроэнергии должно в относительных единицах равняться 1,0.

Материалы и методы

При работе электрических сетей возможно возникновение нарушения качества электрической энергии из-за выхода значений показателей качества за установленные пределы. Нарушения качества электроэнергии могут возникать из-за появлений недопустимых значений показателей, характеризующих фликер, включая кратковременную и длительную дозы.

Для примера ниже приведены два суточных графика изменения кратковременной и длительной доз фликера — рис. 1 и рис. 2. Эти данные были получены авторами статьи в ходе выполнения работ по мониторингу качества электроэнергии в точке передачи электрической энергии от поставщика к потребителям. Приведенные графики показывают возникновение недопустимых доз фликера, что приводит к нарушению качества электроэнергии.

Если мониторинг качества электроэнергии выявляет нарушения показателей качества электроэнергии, то необходимо разрабатывать мероприятия по повышению качества электроэнергии, включающие в себя и поиск оборудования, работа которого приводит к выходу показателей качества из нормативных пределов. При выявлении нарушения качества электроэнергии может возникнуть необходимость в определении примерного местоположения оборудования, нарушающего качество — в электрических сетях поставщика или потребителя.

При выявлении такого оборудования нужно учитывать, что появление недопустимых доз фликера возникает из-за наличия у потребителей электроприемников, работающих с резкими изменениями потребления мощности из сети [8, 9, 16]. Определение мест расположения оборудования, создающего при своей работе большие колебания напряжения и, как следствие этого, значительные дозы фликера, может осуществляться при помощи приборов, обеспечивающих измерения величин показателей качества электроэнергии, в частности фликера.

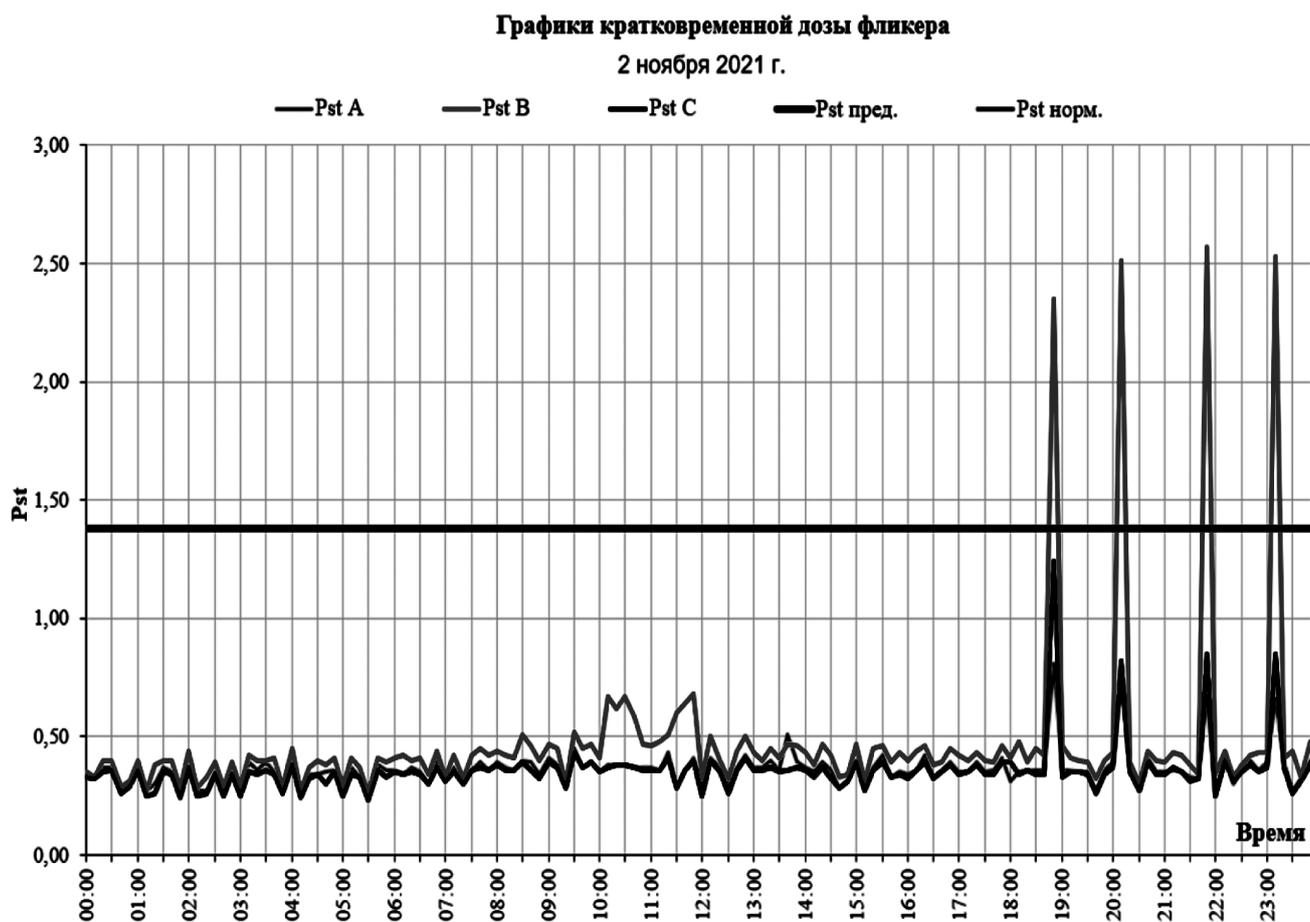


Рис. 1. Суточный график кратковременной дозы фликера

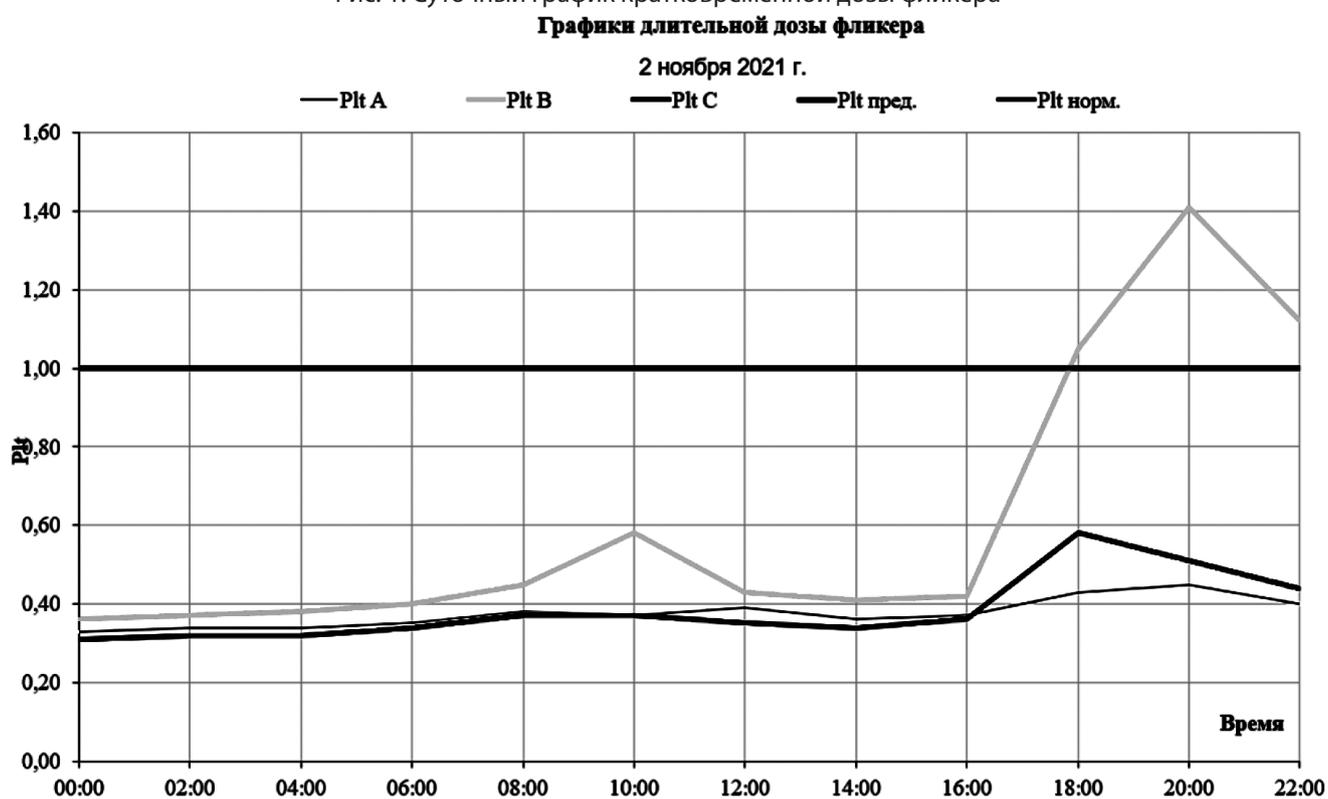


Рис. 2. Суточный график длительной дозы фликера

Но такой выход из данной ситуации требует одновременного применения большого количества таких приборов, что требует значительных денежных средств для проведения измерений, так как упомянутые приборы имеют высокую стоимость. Следовательно, задача разработки и широкого применения достаточно простых и дешевых измерительных средств, позволяющих определять местоположение электроприемников, создающих большие дозы фликера, является в наше время актуальной.

Рассмотрим возможные принципы построения таких технических средств. Для примера, в источнике [14] предлагается определение значений доз фликера с применением следующего алгоритма:

- первоначально находятся расчетным путем зависимости потребления мощности для отдельных электроприемников рассматриваемой группы;
- рассчитывается график электрических нагрузок для всей рассматриваемой группы электроприемников;
- на основе рассчитанных предыдущих графиков нагрузок осуществляется расчет графика изменения напряжения электрической сети;
- определяются величины экстремумов или размахов напряжения электрической сети по полученному графику;
- по найденным величинам размахов напряжения производится расчет доз фликера.

Для выполнения приведенных выше расчетных шагов по нахождению доз фликера производится замена реальных графиков потребления электроприемниками и группой рассматриваемых электроприемников активной $P(t)$ и реактивной $Q(t)$ мощностей на решетчатые функции, представляемые сплайнами первого порядка. Для активной мощности такой сплайн может быть выражен следующей формулой:

$$P(t) = \sum_i^{n-1} \sum_{t=t_i}^{t=t_{i+1}} \left(\frac{t_{i+1} - t}{t_{i+1} - t_i} \cdot P_{t_i} + \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot P_{t_{i+1}} \right) \quad (1)$$

где n — число периодов измерения, реализованных при проведении экспериментальных исследований энергопотребления; t_i — момент возникновения i -го экстремума напряжения; t_{i+1} — момент возникновения $(i+1)$ -го экстремума; $P_{t_i}, P_{t_{i+1}}$ — найденные при проведении опыта значения активной мощности потребителей при появлении экстремумов в моменты времени t_i и t_{i+1} .

Искомая доза фликера при применении данного способа находится как некоторая случайная величина (но в общем случае, зависящая от работы электроприемников, особенно с резко переменной нагрузкой), для которой определяются следующие основные числовые характеристики, действующие для всех рассматриваемых моментов времени t_i :

- математическое ожидание дозы фликера $M[P_{sti}];$
- дисперсия дозы фликера $D[P_{sti}].$

Для кратковременной дозы фликера значения этих характеристик (математическое ожидание $M[P_{st10}]$ и дисперсия $D[P_{st10}]$), рассчитанные за интервал времени, длительность которого принимается равным 10 минутам согласно требованиям нормативных документов, должны рассчитываться с использованием следующих формул:

$$M[P_{st10}] = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n [M^3[P_{sti}] + 3(M[P_{sti}] \cdot D[P_{sti}])]} \quad (2)$$

$$D[P_{st10}] = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{1}{3} \cdot [M^3[P_{sti}]^{\frac{2}{3}} \cdot 3 \cdot M[P_{sti}]^2 \right)^2 \right] + D[P_{sti}] \quad (3)$$

Реализация данного алгоритма невозможна без проведения подготовительных работ в большом объеме, чтобы собрать требуемое количество входных данных для выполнения необходимых расчетов. Данное обстоятельство затрудняет внедрение такого способа нахождения значений доз фликера в более или менее разветвленных электрических сетях систем электроснабжения потребителей, имеющих в настоящее время значительное количество электроприемников.

Известен другой подход, изложенный в [15] и предназначенный для использования в электрических сетях с дуговыми сталеплавильными печами. Авторы данного способа предлагают находить значения дозы фликера с применением заранее найденных значений плотности распределения вероятности возникающих при работе дуговых печей колебаний напряжения. Данная методика предназначена для редко встречающихся электроприемников, что значительно сужает область ее использования и она требует проведения большой подготовительной работы по сбору исходной информации и трудоемких последующих расчетов, что не может обеспечить быстрого получения результатов от ее применения.

Результаты

Рассмотрим далее возможность использования для локализации расположения в электрических сетях оборудования, создающего значительные колебания напряжения, вызывающие в свою очередь появление значительных доз фликера, достаточно простого варианта построения технических измерительных средств, производящих измерения значений токов и нахождение значений производных токов (или выполнение дифференцирования значений токов).

Использование такого способа поиска оборудования, нарушающего качество электроэнергии, построено на том, что электроприемники, создающие значительные колебания напряжения, неизбежно будут отличать-

ся довольно высокими скоростями изменения потребляемых из электрической сети мощности и тока. Для исследования действенности такого способа разработаем компьютерную модель простейшей системы электроснабжения (рис.3), содержащей источник питания и два электроприемника.

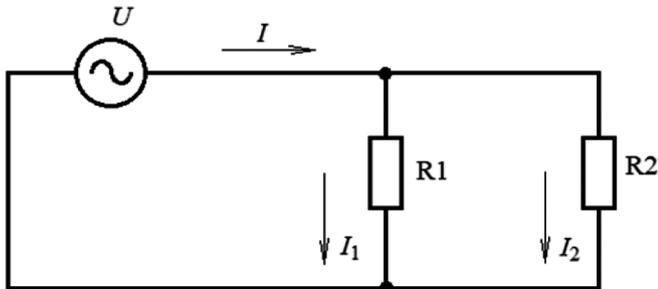


Рис. 3. Схема простейшей исследуемой электрической сети

В схеме исследуемой системы элемент R1 представляет собой электроприемник с резко переменным режимом работы (потенциальный источник недопустимых доз фликера), а элемент R2 — со спокойным режимом работы (без резких изменений потребления тока и мощности). Исходя из этого, ток I , поступающий от источника питания к элементам R1 и R2, будет включать в себя два следующих тока:

- ток I_1 , создаваемый резко переменной нагрузкой;
- ток I_2 , создаваемый спокойной нагрузкой.

Непосредственная техническая реализация операций получения значений производных токов I , I_1 , и I_2 , может производиться с помощью схем дифференцирования при использовании аналогового входного сигнала или же с помощью формул численного дифференцирования при применении цифровых сигналов. Использование значений данных производных позволит при выявлении значительного расхождения величин производных токов осуществить локализацию места возникновения колебаний напряжения — источника недопустимой дозы фликера.

Чтобы провести исследования работы приведенной выше схемы простейшей системы электроснабжения с применением пакета визуального программирования Simulink, являющегося составной частью компьютерной системы научно-технических расчетов MatLab, применялась модель, представленная на рис. 4.

Данная модель представляет систему электроснабжения на однофазном переменном токе. Она содержит две нагрузки — Load1, с резко переменным характером работы и Load2 со спокойным характером работы. Ток, потребляемый этими нагрузками, измеряется блоками Tok I1, Tok I2. Общий ток этих двух элементов модели измеряется блоком Tok I, и для этого тока определяется производная блоком Proiz1. Производные токов нагрузки находились с помощью блоков Proiz I1 и Proiz I2. Численные значения всех измеренных величин выводились на соответствующие дисплеи.

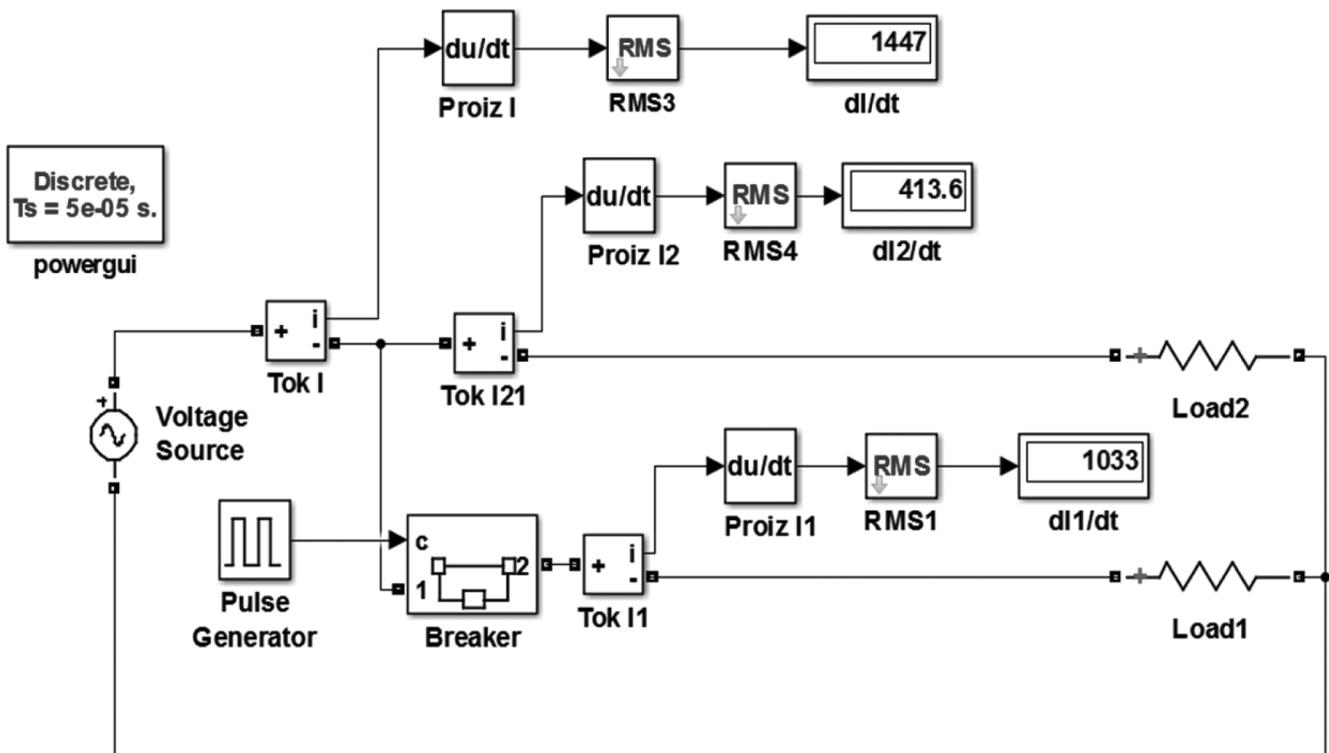


Рис. 4. Компьютерная модель простейшей исследуемой системы электроснабжения

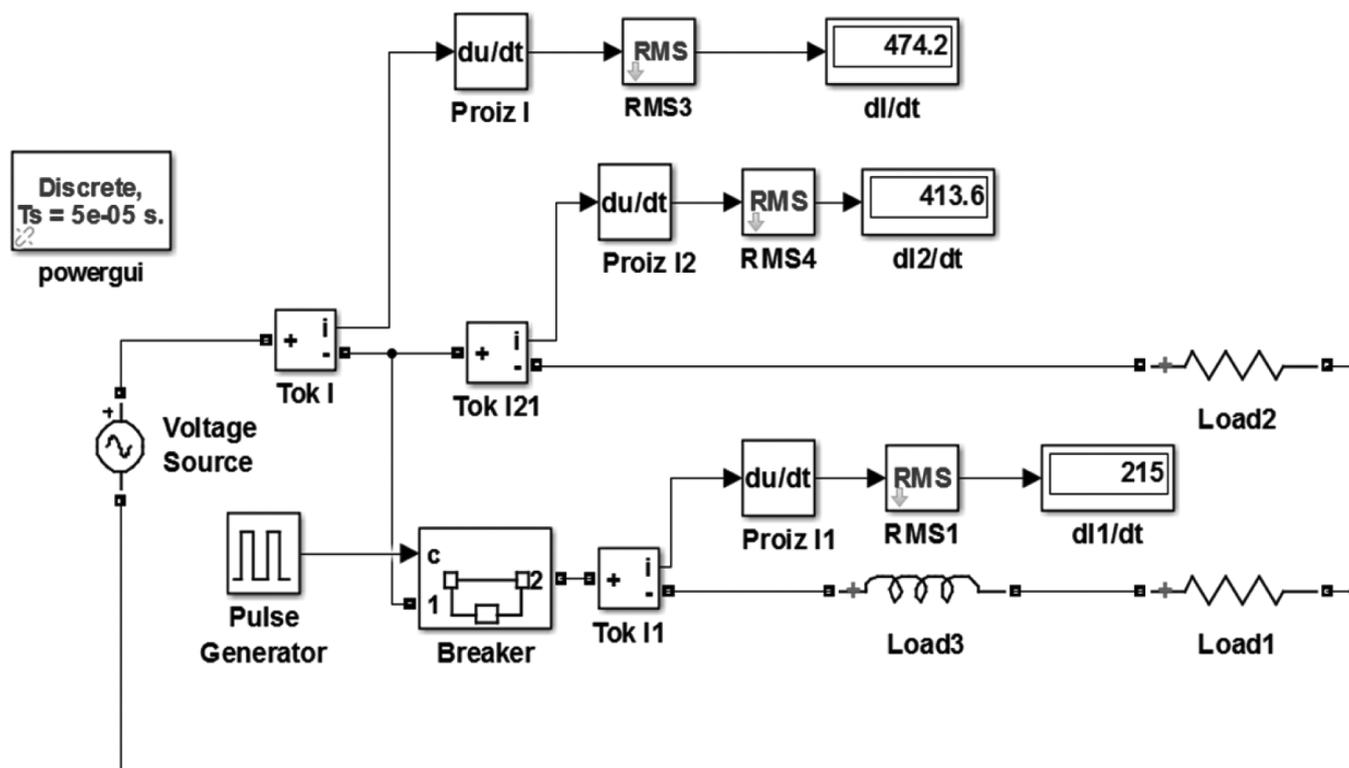


Рис. 5. Модернизированная компьютерная модель простейшей исследуемой системы электроснабжения

Резко переменный режим работы элемента Load1 создавался блоком выключателя Breaker, осуществлявшего процессы подключения и отключения этого элемента от моделируемой системы электроснабжения.

Также авторами статьи была создана вторая модель — рис. 5, в которой для снижения возникающих колебаний напряжения используется индуктивная нагрузка Load3, подключенная последовательно с резко переменной нагрузкой Load1.

Обсуждение

Значения токов нагрузок и источника питания и производных этих токов, полученных при моделировании рассматриваемой системы электроснабжения, показаны на дисплеях — рис. 4, 5. Рассмотрим эти полученные значения.

В первом случае на модели получены ниже приведенные значения производных всех токов:

- для общего тока двух нагрузок или тока источника значение производной составляет 1447 (дисплей dl/dt);
- для тока электроприемника, работающего в спокойном режиме, значение производной составляет 413,6 (дисплей dl2/dt);
- для тока электроприемника, работающего в резко переменном режиме, значение производной составляет 1033 (дисплей dl1/dt).

Приведенные значения производных токов показывают, что электроприемники с резко переменным режимом работы создают режим, в котором значения производных тока оказываются различными в разных точках контроля электрической сети, что можно использовать для обнаружения оборудования, являющегося источником недопустимых доз фликера.

Обратимся теперь ко второй модели. Подключение индуктивной нагрузки заметно изменило режим работы исследуемой системы. Для электроприемника, работающего в спокойном режиме, значение производной тока осталось прежним. Но для суммарного тока и тока электроприемника с резко переменным режимом значения производных заметно снизились, что позволяет утверждать, что в рассматриваемой системе электроснабжения уровень доз фликера уменьшился.

Заключение

Предложенный в статье способ нахождения оборудования на основе контроля значений производных токов в электрических сетях позволяет сравнительно простыми техническими средствами достаточно точно определять местоположение источников колебаний напряжения в электрической сети, приводящих к возникновению недопустимых значений доз фликера. Такая информация позволяет принимать обоснованные управленческие решения по внедрению мероприятий, обеспечивающих повышение качества электроэнергии.

К числу таких мероприятий можно отнести и рассмотрение авторами статьи предложение о включении индуктивной нагрузки последовательно с источниками значительных колебаний напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коверникова Л.И., Суднова В.В., Шамонов Р.Г. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению. Новосибирск: Наука, 2017. 219 с.
2. Дед А.В., Сикорский С.П., Смирнов П.С. Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций // Омский научный вестник. 2018. № 2 (158). С. 60–64. doi: 10.25206/1813-8225-2018-158-60-64.
3. Солнцев Е.Б., Мамонов А.М., Фитасов А.Н., Петрицкий А.С., Севостьянов А.А. Анализ качества электроэнергии (колебаний напряжения) при распределенной генерации // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. №3(87). С. 37–40. doi: 10.18635/2071-2219-2019-3-37-40.
4. Харитонов Я.С., Бебихов Ю.В., Егоров А.Н. Сопоставление и анализ результатов контроля качества электроэнергии в системах электроснабжения горных предприятий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 54–59. doi: 10.17513/mjprfi.12697
5. Белей В.Ф., Харитонов М.С. Светодиодные лампы в системах судового освещения: вопросы электромагнитной совместимости // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 4. С. 687–696. doi: 10.21443/1560-9278-2016-4-687-696
6. Кузнецов С.Е., Кудрявцев Ю.В. Судовые электрические источники света: состояние и перспективы развития // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 4. С. 786–794. doi: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-786-794.
7. Лисицкий К.Е. Совершенствование методов и средств оценки фликера при использовании источников света с разной чувствительностью к колебаниям напряжения в электрической сети // Известия высших учебных заведений, проблемы энергетики. 2018. Т.20. №5–6. С.55–66. doi: 10.30724/1998-9903-2018-20-5-6-55-66.
8. Корнилов Г.П., Баранкова И.И., Лукьянов Г.И., Карякин А.Л. Расчет кратковременной дозы фликера в электрических сетях предприятий // Электротехнические системы и комплексы. 2019. №3. С.10–15. doi: 10.18503/2311-8318-2019-3(44)-10-15.
9. Булатов Ю.Н. Устранение фликера в сетях с установками распределенной генерации на основе согласованно настроенных регуляторов. Системы. Методы. Технологии. Братский государственный университет. 2017 №4 (36). С. 108–114. doi: 10.18324/2077-5415-2017-4-108-114.
10. Bałkiewicz-Pantula M. Elimination of disruption on the example of flicker. PAEE 2017: Conference: Proceedings of the International conference Progress in Applied Electrical Engineering; 25–30 June. 2017; Koscielisko, Poland: IEEE. doi: 10.1109/PAEE.2017.8009000.
11. Bałkiewicz-Pantula M. The algorithm for determining the coefficient of flicker on the example of a wind power plant. ECAI 2018: Conference: Proceedings of the 10th International conference Electronics Computers and Artificial Intelligence; 28–30 June. 2018; Iasi, Romania: IEEE. doi: 10.1109/ECAI.2018.8679059.
12. Maksić M., Papić I., Blažič B. Simple Continuous Assessment of Transmission-Network Flicker Levels Caused by Multiple Sources // IEEE Transactions on Power Delivery, 2016. Vol. 31, № 6, pp. 2546–2552. doi: 10.1109/TPWRD.2015.2502984.
13. Chang G.W., Lu H.J., Chuang C.S. An accurate hybrid intelligent approach for forecasting flicker severity caused by electric arc furnaces // Elect. Power Syst. Res. 2015. vol. 121. Pp. 101–108.
14. Lazaroiu G.S., Golovanov N., Elefterescu L., Roscia M., Zaninelli D. Assessment of flicker perturbations in power systems with multiple disturbing consumers. ICHQP 2018: Conference: Proceedings of the 18th International conference Harmonics and Quality of Power; 13-16 May. 2018; Ljubljana, Slovenia: IEEE. doi: 10.1109/ICHQP.2018.8378847.
15. Li F., Gao Y., Cao Y., Iravani R. Improved teager energy operator and improved chirp-Z transform for parameter estimation of voltage flicker // IEEE Transactions on Power Delivery, 2016. Vol. 31, № 1, pp. 245–253. doi: 10.1109/TPWRD.2015.2448943.
16. Косарев Б.А., Федоров В.К. Модель электротехнической системы с распределенной генерацией // Омский научный вестник. 2019. № 5 (167). С. 64–71. doi: 10.25206/1813-8225-2019-167-64-71.

© Куделина Дарья Васильевна (mary_joy@mail.ru); Бирюлин Владимир Иванович (bir1956@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ МОЛОДЕЖНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В СТУДЕНЧЕСКОЙ СРЕДЕ

ASSESSMENT OF THE FACTORS OF YOUTH ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT IN THE STUDENT ENVIRONMENT

*E. Kuznetsova
E. Kondrashova
M. Rytov
O. Golembiovskaya
A. Bannikov*

Summary. Studentship is one of the most favorable times for generating ideas and developing your own business. In order for this period to be most effective, novice specialists need the support of experienced mentors and a system in which the projects being created will have a chance to develop. The development of this system is a priority not only for its participants themselves, but also for the state. Because with the help of this mechanism, it is possible to set the vector of economic development at the very initial stage. At the moment, the sphere of technological entrepreneurship needs to be developed, since there is a clear decline in human resources in technical professions. The development of a system of support for youth entrepreneurship, including on the basis of technical universities of the country, will solve the existing problem. The article presents an assessment of factors that affect the development of student entrepreneurship in Russia and offers ready-made solutions for the creation of supporting systems.

Keywords: student entrepreneurship, development factors, boiling point.

Студенчество — одно из самых благоприятных времен для генерации идей и развития собственного дела. Для того чтобы этот период проходил наиболее эффективно, начинающим специалистам необходима поддержка опытных наставников и система, в которой создаваемые проекты получают шанс на развитие. Развитие данной системы — приоритетное направление не только для самих ее участников, но и для государства. Поскольку при помощи данного механизма можно на самой начальной стадии задавать вектор развития экономики.

Кузнецова Екатерина Владимировна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
bi-bstu32@yandex.ru

Кондрашова Екатерина Владимировна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
kondrashova_katerina@bk.ru

Рытов Михаил Юрьевич

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
rmy@tu-bryansk.ru

Голембиовская Оксана Михайловна

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
bryansk-tu@yandex.ru

Банников Артур Игоревич

Ассистент, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский
государственный технический университет»
artur-korch@inbox.ru

Аннотация. Студенчество — одно из самых благоприятных времен для генерации идей и развития собственного дела. Для того чтобы этот период проходил наиболее эффективно, начинающим специалистам необходима поддержка опытных наставников и система, в которой создаваемые проекты получают шанс на развитие. Развитие данной системы — приоритетное направление не только для самих ее участников, но и для государства. Поскольку при помощи данного механизма можно на самой начальной стадии задавать вектор развития экономики. На данный момент в развитии нуждается сфера технологического предпринимательства, поскольку наблюдается явный спад кадрового потенциала в технических профессиях. Развитие системы поддержки молодёжного предпринимательства в том числе на базе технических вузов страны позволит решить существующую проблему. В рамках статьи представлена оценка факторов, которые влияют на развитие студенческого предпринимательства в России и предложены готовые решения по созданию поддерживающих систем.

Ключевые слова: студенческое предпринимательство, факторы развития, точка кипения.

Развитие любой системы должно начинаться с оценки трех исходных показателей — потребность в существовании системы, готовность существующих структур к развитию и составление перечня ключевых факторов, которые окажут положительное влияние непосредственно на процесс развития.

Потребность в существовании студенческого предпринимательства очевидна. Развитие потенциала молодежи является базой для экономического роста практически во всех сферах жизни. На данный момент наиболее остро стоит вопрос о развитии технических

направлений и в том числе технологического предпринимательства. Страна сильнее чем когда-либо нуждается в наращивании технического потенциала, инновационных идеях и молодых специалистов. Создание сильного продвигающего сообщества позволит продемонстрировать тем, кто в данный момент находится на этапе выбора направления обучения, что технические специальности — это путь к ускоренному росту и вполне конкретным перспективам. Система поддержки студенческого предпринимательства в технической сфере будет выполнять не только образовательную, поддерживающую и развивающую функции, но и профориентационную. Задавая вектор важности не только гуманитарных, но и технических направлений.

Для того чтобы оценить готовность существующей структуры, а именно студенческого сообщества к развитию, достаточно прибегнуть к имеющимся данным статистики. Экспертами НИУ ВШЭ — Санкт-Петербург, ПАО «Ростелеком» и компании Ernst & Young (EY) было проведено глобальное исследование предпринимательского духа студентов, по результатам которого был выпущен Национальный отчет GUESS [1]. Согласно данным отчета, в России доля потенциальных предпринимателей (тех, кто уже пытается открыть собственный бизнес) среди студентов составляет 42 %. Этот показатель на 15 % превышает показатель международной выборки. Что свидетельствует о том, что существующее студенческое сообщество готово к переменам, стремится к развитию и нуждается в поддержке как на государственном, так и на местном уровнях. В совокупности также следует оценивать и данные о том, что у 54 % студентов не было курсов по предпринимательству. То есть уровень заинтересованности высок и без существования каких-либо поддерживающих платформ, в то время как их наличие смогло бы в разы повысить данный показатель.

Что касается факторов развития поддержки студенческого предпринимательства, это многогранная система, в которой каждый из элементов создает целостную картину. Механизм эффективен только тогда, когда эффективен каждый отдельный фактор. Наиболее оптимальным вариантом базы для развития студенческого предпринимательства является профильный университет.

В общем виде систему поддержки студенческого предпринимательства (P) на базе вуза можно представить следующим образом (формула 1):

$$P = \{F_1; F_2; F_3; F_4; F_5; F_6\}, \quad (1)$$

где F_1 — развитая коворкинг-зона;

F_2 — обучение основам предпринимательства;

F_3 — творческая конкурсная среда;

F_4 — система наставничества;

F_5 — мотивационный опыт;

F_6 — система сопровождения.

Развитая коворкинг-зона. Наличие выделенного пространства играет большую роль в развитии системы студенческого предпринимательства. На базе вуза должно быть открыто пространство, в рамках которого можно будет проводить обучающие мероприятия, встречи и семинары, работать над идеями в свободное от учебы время, встречаться с единомышленниками и наставниками для обсуждения планов и порядка их реализации. Помещение должно быть оборудовано компьютерами для работы, интернетом, проектором и рабочей доской. Данный фактор позволяет получить сразу несколько преимуществ:

- четко спланированная и организованная рабочая обстановка позволит максимально эффективно выполнять поставленные задачи;
- расположение пространства (на базе вуза) позволит студентам не тратить время на дополнительные перемещения после учебы, а также рационально использовать время в случае больших перерывов между парами;
- доступная среда предоставит возможность реализации всем желающим. В случае отсутствия у студента персонального компьютера (например, при проживании в общежитии), он в любое свободное время может воспользоваться оборудованием коворкинг-зоны для реализации идей.

Обучение основам предпринимательства. Обучение предпринимательству — один из важнейших элементов построения предпринимательской экосистемы. В существующих образовательных программах это часто упускается, если специальность непосредственно не связана с экономикой и управлением, в то время как базовые навыки и принципы предпринимательской деятельности необходимы выпускникам любого направления. На базе коворкинг-зоны университета предлагается организовывать обучающие мероприятия для всех желающих, которые включают в себя обучающие офлайн и онлайн лекции, форумы, практикумы, комплексные обучающие программы по отдельным направлениям. Это даст студентам необходимый базис знаний для дальнейшего продвижения. Позволит сделать так чтобы инновационная идея обрела практическую форму.

Важно построить процесс обучения таким образом, чтобы материал был емким, наглядным и практически применимым. Презентационный материал должен выделять ключевые тезисы подготовленной информации

и примеры реального опыта. В числе спикеров могут выступать как сторонние приглашенные эксперты, так и непосредственно преподаватели вуза. Наиболее эффективным является подход, при котором в начале обучения каждый студент составляет свою персональную образовательную траекторию, ставит цель и прописывает желаемый результат (получение навыков бизнес-планирования, написание бизнес-плана, открытие собственного дела, участие в конкурсе на получение грантовой поддержки т.д.). Четкая постановка цели позволяет представить итоговую форму получаемого результата и дает дополнительную мотивацию по его достижению.

Творческая конкурсная среда. Элементом дополнительной мотивации к действию станет фактор наличия конкурсной среды. Ежегодно в рамках программы развития предпринимательства в России проходят конкурсы грантовой поддержки, конкурсы на лучшую научную работу студента, на лучший стартап, техническое решение, кейс-чемпионаты и т.п. Вуз должен наладить партнёрские отношения с организаторами подобных мероприятий, а также проводить конкурсы и чемпионаты самостоятельно или же объединяясь с другими вузами региона и партнёрскими предприятиями. Наличие конкурсной среды позволяет участникам обучающих мероприятий поставить себе цель участия и победы, что повышает общий уровень мотивированности как в получении знаний, так и в продвижении работ по собственному проекту. Конкурсы с грантовой поддержкой позволяют привлечь тех, кто не имеет финансовой возможности самостоятельно начать строить бизнес, при этом имеет потенциал, амбиции и желание развиваться в данном направлении.

Система наставничества. В некоторых случаях участникам образовательных программ не хватает знаний не только в сфере предпринимательства, но и в сфере построения проекта. Для того чтобы при участии в конкурсах и презентациях бизнес-планов развиваемая идея не затерялась на общем фоне, необходимо знать основы и особенности описания структуры проекта, написания научного текста, порядок оформления конкурсных заявок, тонкости построения презентации идеи и самопрезентации. Для того чтобы решить эту проблему, в вузе должна быть создана система наставничества, в рамках которой преподаватели вуза, а также студенты, которые достигли успеха в научной и конкурсной деятельности будут передавать участникам программ свой опыт и помогать в оформлении материалов и подаче конкурсных заявок.

Данная система позволит всесторонне подготовить будущих предпринимателей к развитию в конкурсной и конкурентной среде.

Мотивационный опыт. Еще один ценный элемент в подготовке будущих предпринимателей — реальный опыт тех, кто прошел схожий путь. На базе коворкинг-зоны университета предлагается организовывать мастер-классы с выдающимися предпринимателями региона, которые расскажут о том каких результатов они добились и какой путь прошли, о том какие сложности возникли и как их удалось преодолеть, о том какие правила и основы мышления и мотивации они внедряют в свою жизнь, чтобы поддерживать достигнутый результат и достигать новых вершин.

В условиях обучения, даже несмотря на наличие практических заданий, теория сильно оторвана от практики. В рамках реального ведения бизнеса многие теоретические схемы могут работать недостаточно эффективно или не работать вовсе. Помимо этого, рынок динамичен и все тонкости ведения бизнеса в современных условиях может знать только человек, который в настоящем времени поддерживает стабильную работу своего проекта.

Получение данного опыта из первых уст поможет начинающим предпринимателям оценить реальные перспективы своего проекта, внести коррективы в порядок ведения работ и выхода на рынок.

Система сопровождения. Разработка проекта и получение необходимых знаний приводят участников системы развития предпринимательства к выходу на рынок и началу ведения собственной бизнес-деятельности. Однако данный процесс тоже имеет множество тонкостей — регистрация деятельности, ведение бухгалтерской отчетности, прохождение проверок. Для того чтобы упростить ход данных процессов в рамках системы предлагается предусмотреть центр сопровождения зарегистрированным молодым предпринимателям, включающего в себя профильных консультантов — бухгалтеров, юристов, аудиторов, маркетологов. Или же в качестве альтернативы создание ставки одного консультанта, который будет оказывать общую информационную поддержку, а также соберет базу профильных специалистов, связаться с которыми можно будет при наличии предметных вопросов.

Данная система позволит поддержать предпринимателей в процессе выхода на рынок, законно оформить деятельность и повысить правовую грамотность.

Результаты

Таким образом, внедрение каждого из описанных факторов позволит создать комплексную систему студенческого предпринимательства, в результате работы которой государство сможет улучшить показатели экономического развития страны, направить потенциал и мотивированные кадры в нужное для экономики рус-

ло, а также привлечь потенциально эффективные кадры, обучить их и построить взаимовыгодную систему развития бизнеса для всех участников рынка.

В настоящее время создать описываемую систему на базе вуза помогает программа платформы Leader-ID «Точка кипения» [2]. Программа предполагает открытие по всем регионам России площадок, которые помогают местным командам запускать и масштабировать проекты, поддерживают профессиональные сообщества, способствуют образованию и карьерному росту участников. В настоящее время открыто уже 40 точек кипения по всей России. Зарегистрироваться в данной программе может команда любого вуза, для которой платформа

Leader-ID проведет обучение по открытию точки кипения, включая помощь с оформлением документации, составлением дизайн-проекта помещений коворкинга и разработкой программы работы. Помимо этого, включение в данную систему позволит привлечь на платформу вуза спикеров и экспертов в области развития бизнеса, а также участников из других образовательных учреждений региона.

Включение в данную систему значительно облегчит процесс внедрения всех описанных в рамках работы факторов развития поддержки студенческого предпринимательства.

Литература

1. Глобальное исследование предпринимательского духа студентов: национальный отчет GUESS-Россия [Электронный ресурс] — URL: https://spb.hse.ru/data/2022/12/20/1718960866/GUESS%202021_RU.pdf (Дата обращения: 05.07.2023).
2. О сети Точек кипения [Электронный ресурс] — URL: <https://leader-id.ru/places> (Дата обращения: 05.07.2023).

© Кузнецова Екатерина Владимировна (bi-bstu32@yandex.ru); Кондрашова Екатерина Владимировна (kondrashova_katerina@bk.ru); Рытов Михаил Юрьевич (rmy@tu-bryansk.ru); Голембиовская Оксана Михайловна (bryansk-tu@yandex.ru); Банников Артур Игоревич (artur-korch@inbox.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

ALGORITHM FOR SELECTING SOURCES OF FINANCING FOR ORGANIZATIONAL PROCESSES IN PROJECT MANAGEMENT

S. Kurovsky
D. Mishin
I. Doroshenko
A. Petrushin

Summary. The choice of sources of financing for organizational processes is one of the important topics in project management, since the risk of insufficient financing and, accordingly, a decrease in the effectiveness of a particular project is extremely high nowadays. This article is devoted to the reflection of the results of the development of an algorithm for selecting sources of financing for organizational processes in project management using the example of small enterprises. The algorithm includes five groups of key parameters: economic parameters, sources of financing, market potential, organizational activity of the enterprise, as well as a parameter reflecting the stage of the project life cycle. The implementation of the algorithm for selecting sources of financing for organizational processes in project management should be phased to increase the efficiency of managing organizational processes and systems.

Keywords: organizational processes, project management, selection of funding sources, small enterprises, innovations, project lifecycle.

Куровский Станислав Валерьевич

Руководитель научно-исследовательского
подразделения ООО «Высшая Школа Образования»
8917564@gmail.com

Мишин Денис Александрович

Руководитель редакционно-издательского отдела
ООО «Высшая Школа Образования»
9651530@gmail.com

Дорошенко Илья Александрович

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
doroshenko.ilya@mail.ru

Петрушин Александр Витальевич

Академия гражданской защиты МЧС России
rvvkus@bk.ru

Аннотация. Выбор источников финансирования организационных процессов представляет собой одну из важных тем в управлении проектами, так как риск недостаточного финансирования и соответственно уменьшения эффективности конкретного проекта крайне высок в настоящее время. Данная статья посвящена отражению результатов разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами на примере малых предприятий. Алгоритм включает в себя пять групп ключевых параметров: экономические, источники финансирования, рыночного потенциала, организационной деятельности предприятия, а также параметр, отражающий стадию жизненного цикла проекта. Осуществление алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами должно быть поэтапным, что увеличивает эффективность управления организационными процессами и системами.

Ключевые слова: организационные процессы, управление проектами, выбор источников финансирования, малые предприятия, инновации, жизненный цикл проекта.

Введение

Выбор источников финансирования организационных процессов в управлении проектами имеет основополагающее значение для успеха и устойчивости конкретного проекта, о чём также свидетельствуют некоторые ключевые причины, по которым необходимо тщательно рассмотреть и выбрать подходящие источники финансирования с учётом масштаба осуществляемой бизнес-деятельности:

1. Выбор подходящих источников финансирования позволяет обеспечить, что проект подразумевает существование достаточного объёма финансовых ресурсов для покрытия исходящего денежного потока, что включает в себя финансирование реализации проекта, оборудование и материалы, персонал и любые непредвиденные расходы, которые могут возникнуть в течение срока реализации проекта.

2. Различные варианты финансирования сопряжены со статьями затрат, такими как процентные ставки, налоговые сборы или требования к собственному капиталу со стороны внешних инвесторов, банковских организаций. Тщательно оценивая и выбирая наиболее экономически эффективные источники финансирования для предприятий, руководители проектов могут минимизировать суммарную финансовую нагрузку с одновременной максимизацией отдачи от осуществлённых инвестиций.
3. Варианты финансирования могут влиять на уровень финансового риска, связанного с проектом. Например, значительная зависимость от долгового финансирования может повысить уязвимость проекта к изменениям процентных ставок или невозможности погасить долговые обязательства. Оценка и диверсификация источников финансирования могут помочь снизить такие риски и обе-

спечить более стабильное финансовое положение проекта.

4. Проекты зачастую сталкиваются с неожиданными проблемами или изменениями обстоятельств, которые требуют внесения корректировок в план финансирования при управлении проектами. Наличие доступа к различным источникам финансирования позволяет руководителям проектов более эффективно адаптироваться к таким изменениям и реагировать на них, что могло бы включать рассмотрение альтернативных источников или пересмотр существующих механизмов финансирования [7].
5. Выбор источников финансирования должен соответствовать целям и задачам проекта. Например, если проект направлен на придание приоритетного значения экологической устойчивости, более целесообразным было бы обратиться за финансированием из источников, поддерживающих «зеленые» инициативы. Соответствие ценностей и целей проекта источникам финансирования может способствовать общему успеху и результативности проекта.

Следовательно, выбор подходящих источников финансирования для организационных процессов управления проектами имеет важное значение для обеспечения адекватного финансирования, экономической эффективности, управления рисками, гибкости, адаптивности и соответствия целям проекта.

Актуальность исследования

Данное исследование выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами актуально в связи с тем, что:

- выбор источников финансирования имеет основополагающее значение для обеспечения финансовой осуществимости процессов управления проектом. Посредством управления проектами можно определить, как распределяются и используются ресурсы на протяжении всего жизненного цикла проекта, что может повлиять на его успех или отсутствие ожидаемой эффективности. Таким образом, понимание различных вариантов финансирования и их последствий способствует принятию обоснованных решений.
- различные источники финансирования сопряжены с различными уровнями риска. Изучая выбор источников финансирования, руководители проектов могут оценить риск, связанный с каждым вариантом, и принимать решения, соответствующие толерантности организации к риску, что помогает минимизировать финансовые риски и увеличивает шансы на успех проекта.

- источники финансирования зачастую сопряжены с сопутствующими затратами, такими как выплата процентов, комиссионных вознаграждений. Изучение выбора источников финансирования позволяет руководителям проектов оценить экономическую эффективность различных вариантов и выбрать наиболее экономичную стратегию финансирования, что может помочь избежать ненужных расходов и оптимизировать использование имеющихся ресурсов [5].
- выбор источников финансирования может повлиять на взаимоотношения с различными заинтересованными сторонами, такими как инвесторы, кредиторы или акционеры. Понимание последствий различных вариантов финансирования позволяет руководителям проектов эффективно коммуницировать и проводить переговоры с заинтересованными сторонами, обеспечивая их поддержку и участие на протяжении всего жизненного цикла проекта.
- выбор источников финансирования тесно взаимосвязан с более широкими стратегическими целями организации. Изучая этот аспект, руководители проектов могут привести стратегию финансирования в соответствие с общими целями организации, тем самым увеличивая вклад проекта в долгосрочное видение организации.

Следовательно, изучение выбора источников финансирования при управлении проектами имеет важное значение для эффективного финансового планирования, управления рисками, оптимизации затрат, управления заинтересованными сторонами и согласования стратегии в контексте практической реализации проекта, что обеспечивает эффективное распределение и использование ресурсов проекта, повышая вероятность успеха проекта и организационного роста предпринимательской системы.

Цели и задачи исследования состоят в:

1. Обоснование актуальности проводимого исследования;
2. Разработка алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами на примере малых предприятий;
3. Отражение результатов разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами на примере малых предприятий.

Материалы и методы

Для разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами авторы статьи выбрали инновационный проект малого предприятия ООО «Метатэкс», материалы

которого стали основой для анализа источников финансирования организационных процессов в управлении проектами.

Результаты и их обсуждения

Материалы инновационного проекта предприятия ООО «Метатэкс» позволили отразить результаты разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами малых предприятий.

В процессе исследования было установлено, что существует определённая зависимость между механизмом финансирования организационных процессов в управлении проектами и такими группами параметров, как: экономические; стадия жизненного цикла инновационного проекта; рыночный потенциал; организационная деятельность; источники финансирования [4].

Следовательно, для того чтобы выбрать источники финансирования организационных процессов в управлении проектами для малых предприятий, следует не только включить все вышеизложенные группы параметров, но и придерживаться определённого метода для разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами, который, в свою очередь, проиллюстрирован на рисунке 1.

Как видно по рисунку 1, разработанный алгоритм выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами включает в себя десять этапов, каждый из которых значим для достижения результативности инновационно-организационного проекта.

На первом этапе целесообразно проанализировать потребность малой организации в финансовых средствах. В данном случае руководство малой организации должно выявить нехватку конкретного объёма финансовых средств, а также осуществить прогнозирование издержек, которые будут необходимы с целью практической реализации инновационного проекта.

Второй этап представляет собой выявление необходимого объёма финансирования для инновационного проекта.

На третьем этапе выявляется фактическая стадия жизненного цикла разработанного и планируемого к реализации инновационного проекта. В контексте предлагаемого алгоритма подразумевается, что для инновационного проекта может быть характерна одна из следующих стадий: рост; стартап; посевная [2].

В зависимости от того, какая стадия характерна для инновационного проекта, целесообразно выбрать подход к вычислению уровня приемлемости, полученному числовому результату соответствует конкретная балльная оценка, которая выставляется от одного до десяти баллов. Уровень приемлемости складывается из трёх критериев: организационной деятельности, рыночного потенциала и экономического параметра, что обозначено в формуле (1):

$$R_{\Pi} = R_O + R_{P\Pi} + R_{\mathcal{E}} \quad (1)$$

где R_O — критерий организационной деятельности, который можно определить с помощью формулы (2):

$$R_O = \sum_{i=1}^n R_{O_i} \quad (2)$$

$R_{P\Pi}$ — критерий рыночного потенциала, который можно определить с помощью формулы (3):

$$R_{P\Pi} = \sum_{i=1}^n R_{P\Pi_i} \quad (3)$$

$R_{\mathcal{E}}$ — экономический критерий, который можно определить с помощью формулы (4):

$$R_{\mathcal{E}} = \sum_{i=1}^n R_{\mathcal{E}_i} \quad (4)$$

Целесообразно отметить, что на изменение представленных выше критериев повышение одного из них в подходе может позитивным образом воздействовать, при этом в другом случае возможен и обратный эффект. Следовательно, показатели в разработанном алгоритме могут быть как направлены на улучшение, так и ухудшить существовавшее финансовое положение малой организации. В данном случае в процессе вычисления суммарных критериев отрицательные значения можно оценить с противоположным знаком, а именно: чем больше значение критерия, который ухудшает существовавшее финансовое положение малой организации, тем меньше уровень балла присваивается такому критерию.

В дальнейшем стоит перейти к оценке параметра рискованности при реализации инновационного проекта в разрезе стадии жизненного цикла и уровня приемлемости (рисунок 2).

На пятом этапе целесообразно выбрать источник финансирования, который рекомендуется в рамках анализа по разработанному алгоритму. Например, для посевной стадии с достаточно низким уровнем финансового риска можно выбрать финансирование венчурными фондами, бизнес-ангелами либо грантовую поддержку, а при стартапе — финансирование за счёт кредита, венчурными фондами, бизнес-ангелами, а также механизм

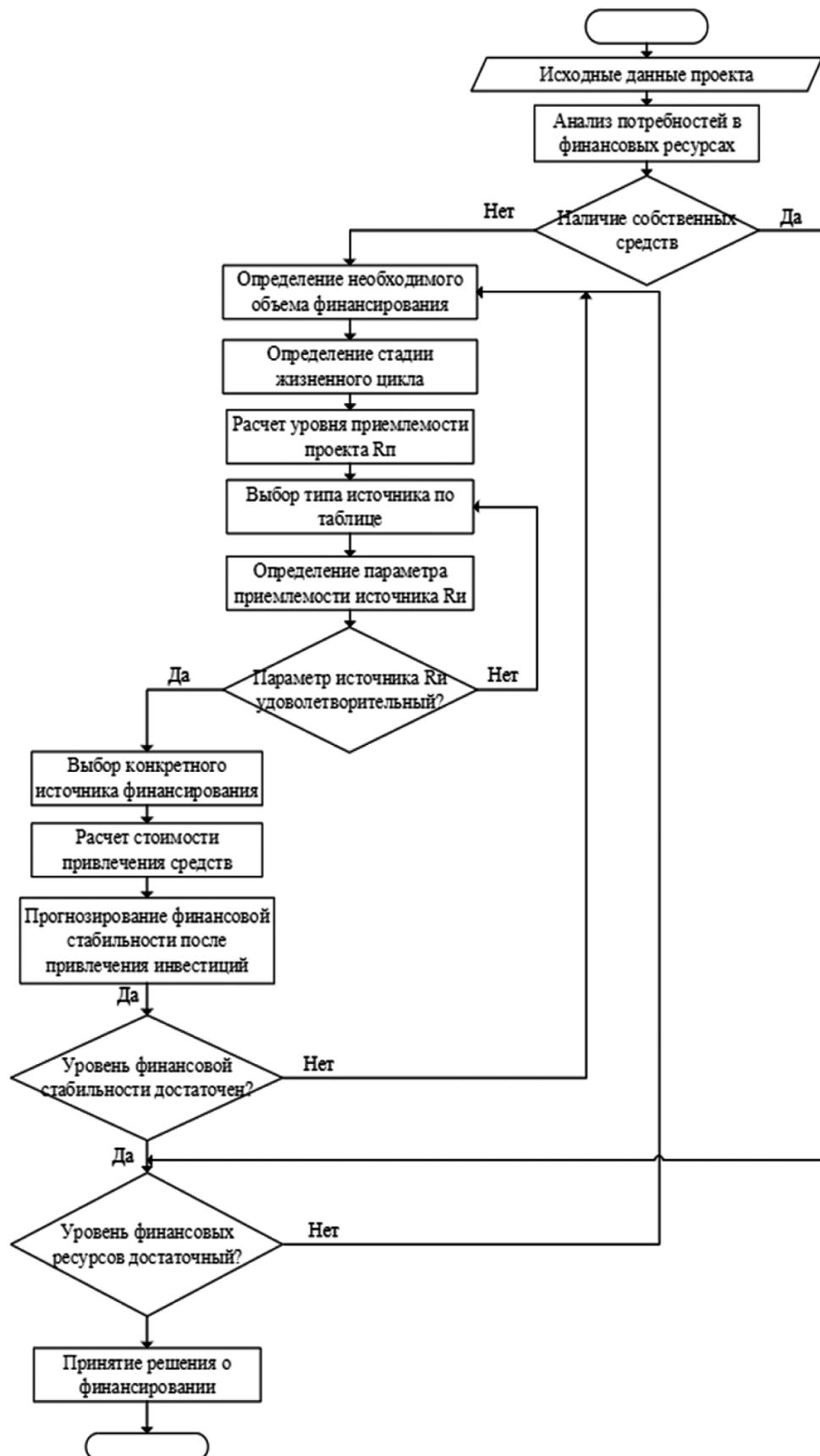


Рис. 1. Алгоритм выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами

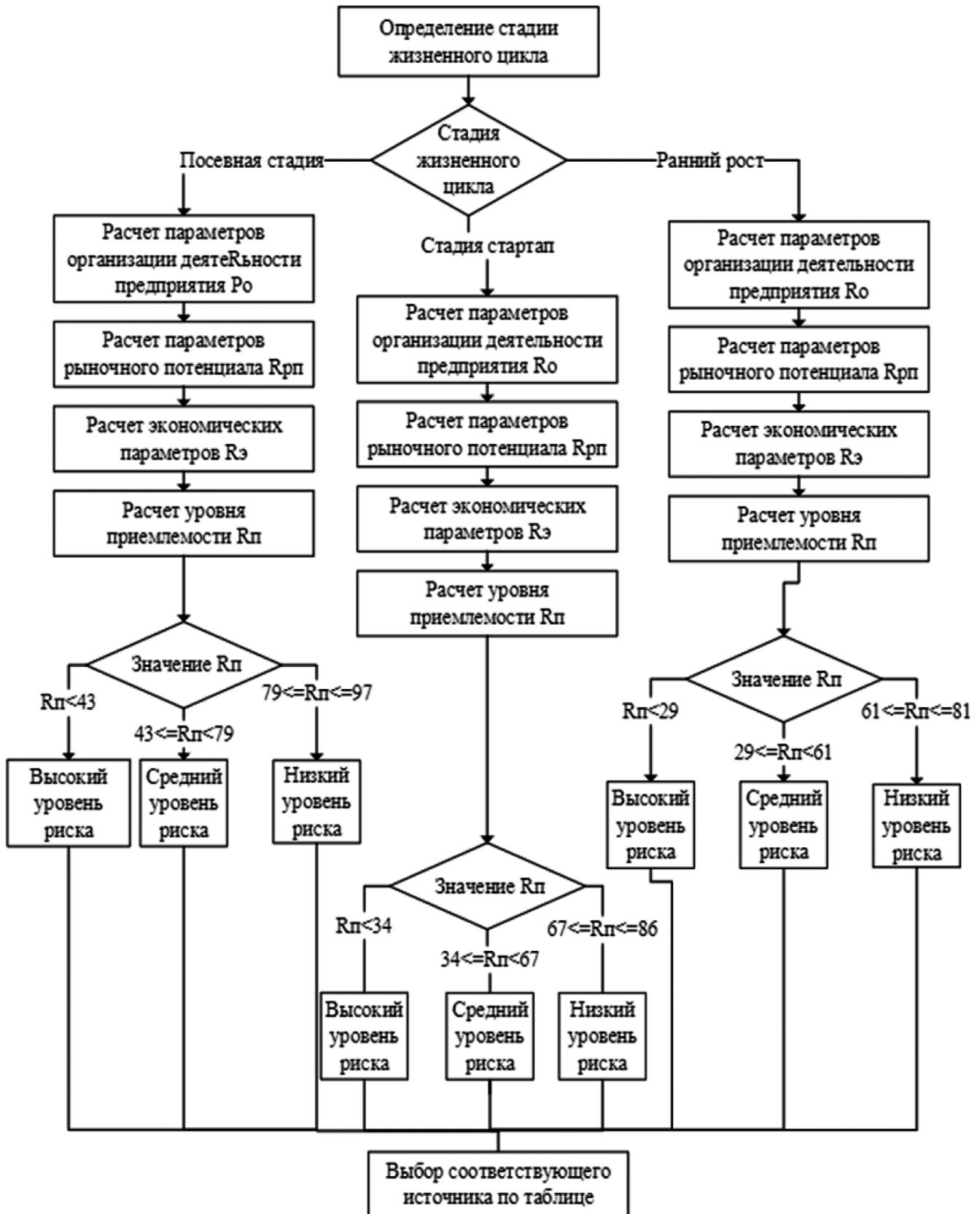


Рис. 2. Оценка параметра рискованности при реализации инновационного проекта в разрезе стадии жизненного цикла и уровня приемлемости

краудлендинга, для стадии роста пониженным финансовым риском будет обладать финансирование за счёт эмиссии финансовых активов, венчурными фондами, факторинга, кредита.

На шестом этапе целесообразно выявить суммарный критерий приемлемости посредством использования формулы (5):

$$R_{И} = \sum_{i=1}^n R_{Иi}. \tag{5}$$

Цель шестого этапа заключается в том, что выявить, подходит ли конкретному инновационному проекту трансформации организационных процессов данный источник финансирования.

В соответствии с выбранными критериями максимально возможное число баллов в разрезе отобранных параметров составляет 51 балл, одновременно с этим для принятия финансового источника требуется всего 30 баллов.

При достижении конкретным источником 30 баллов следует переходить к седьмому этапу алгоритма, который, по своей сути, и является выбором источника финансирования для инновационного проекта. Стоит рассмотреть любые потенциальные варианты финансовых источников для инновационного проекта, которые не противоречат действующему федеральному законодательству [1].

На восьмом этапе осуществляется определение суммарной стоимости привлечения финансовых средств, что обусловлено применением формулы (6):

$$d = \frac{BK}{BK + СП_{баз}} * \Delta СП (1 + g_i) = \frac{BK}{BK + СП_{баз}} (СП_{\phi} - СП_{баз}) * (1 + g_i) \tag{6}$$

где

BK — значение привлеченного финансового капитала;

$СП_{баз}$ — базовая стоимость малой организации (до привлечения финансового капитала);

$\Delta СП$ — общий прирост стоимости малой организации на протяжении использования финансового капитала;

$СП_{\phi}$ — фактическая стоимость малой организации к выводу финансового капитала;

g_i — критерий риска для i -ого инновационного проекта малой организации [3].

На девятом этапе происходит прогнозирование финансовой устойчивости малой организации посредством определения критерия финансовой устойчивости посредством формулы (7):

$$K_{ФУ} = \frac{\text{Собственный капитал} + \text{Долгосрочные обязательства}}{\text{Активы}} \tag{7}$$

Рекомендованное (нормативное) значение критерия финансовой устойчивости составляет диапазон 0,8–0,9 [6]. Уменьшение вышеуказанного критерия финансовой устойчивости обуславливает сокращение предпринимательского потенциала малой организации к своевременному погашению долговых обязательств на краткосрочную перспективу, а также увеличивает степень финансовой несостоятельности.

На десятом этапе эксперт принимает обоснованное решение в применении конкретного источника финансирования для данного инновационного проекта.

Преимущества и недостатки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами

Разработанный алгоритм выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами содержит как преимущества, так и недостатки при практическом использовании, которые сопряжены со следующими аспектами:

1. Преимущества алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами малой организации:

- разработанный алгоритм позволяет руководителям проектов рассматривать широкий спектр вариантов финансирования и выбирать те финансовые источники, которые наилучшим образом соответствуют потребностям проекта, что позволяет выстраивать источники финансирования в соответствии с конкретными требованиями проекта инноваций в малой организации.
- представленный алгоритм даёт возможность оптимизировать структуру финансирования путем определения наиболее рентабельных источников финансирования, что позволяет руководителям проектов минимизировать расходы и максимизировать экономическую отдачу, выбирая источники с более низкими процентными ставками или более высокой отдачей от инвестиций.
- рассматривая множество вариантов финансирования, алгоритм позволяет руководителям проектов диверсифицировать свои источники финансирования для инновационного проекта, что способствует распределению рисков, связанных

с каждым финансовым источником, снижая общий риск для проекта.

- представленный алгоритм обеспечивает системный подход к выбору источников финансирования, гарантируя, что процесс принятия управленческих решений является объективным и прозрачным, что даёт возможность заинтересованным сторонам проекта понять обоснование выбранных финансовых источников и укрепляет доверие между ними.

2. Недостатки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами малой организации:

- разработка и внедрение алгоритма выбора источников финансирования требует углубленных знаний в области управления проектами и финансового анализа, что может потребовать дополнительных ресурсов и экспертных знаний, что может стать проблемой для малых организаций, где финансовые возможности и потенциал ограничены.
- процесс анализа и сравнения различных вариантов финансирования с использованием алгоритма может занять значительный промежуток времени. Для сбора необходимых финансовых данных и проведения тщательного анализа в контексте определённого инновационного проекта могут потребоваться существенные усилия работников, а также исследования, в частности, НИОКР.

— алгоритм может полагаться исключительно на количественные факторы, такие как процентные ставки и доходность инвестиций, пренебрегая качественными факторами и субъективными суждениями, что может привести к тому, что эксперт упустит потенциальные финансовые источники, которые могут иметь нематериальные выгоды или стратегические преимущества для малой организации.

— алгоритм может оказаться неспособным адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям или неожиданным событиям, которые влияют на доступность финансовых источников. У алгоритма может быть снижена гибкость, необходимая для реагирования на динамичные финансовые условия.

Выводы исследования

Обоснована актуальность проводимого исследования. Разработан алгоритм выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами на примере малых предприятий. В статье отражены результаты разработки алгоритма выбора источников финансирования организационных процессов в управлении проектами на примере малых предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 N 39-ФЗ (ред. от 28.12.2022) [Электронный ресурс]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22142/ (дата обращения: 15.08.2023).
2. Васюткина А.А. Источники и формы финансирования инновационной деятельности предприятий // Актуальные проблемы экономики, учета, аудита и анализа в современных условиях. — 2019. — С. 297–303.
3. Воробьева А.П. Перспективы краудфандинга в России // E-Scio. — 2017. — № 9 (12).
4. Дегтярева И.В., Баркова Е.Е. Механизм реализации трансфера технологий в России: проблемы и источники финансирования // Цитисэ. — 2020. — № 1. — С. 312–325.
5. Деменко О.Г., Маркина А.К. Проблемы финансирования инновационной деятельности в России на современном этапе // Вестник университета. — 2019. — № 1. — С. 47–50.
6. Ефимов В.С., Ушаков В.Я. Общие положения и основные принципы инновационно-инвестиционной деятельности предприятий // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. — 2015. — №3 (14). — С. 31.
7. Ковалева Т.С. Особенности финансирования инновационных проектов в современных условиях // Стратегия формирования экосистемы цифровой экономики. — 2022. — С. 116–119.

МОДЕЛЬ СЦЕНАРИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Лаптов Денис Сергеевич

Челябинский государственный университет, Казань
xcold.flatex@gmail.com

SOFTWARE QUALITY ASSESSMENT SCENARIO MODEL

D. Laptov

Summary. Software quality assessment is a mandatory process when ensuring the necessary quality of software as part of the overall process of its development. The constant development of existing and the emergence of new information technologies (artificial intelligence, cloud computing, virtual and augmented reality, etc.) and systems increases the requirements for the evaluation process and software quality.

Existing approaches to quality assessment have significant drawbacks associated with weak formalization when planning software quality assessment tasks, a high degree of uncertainty when making decisions by responsible process participants, insufficient or redundant information, determining the number of participants in the software evaluation process.

Recent open access publications were reviewed, which consider the scenario approach in general and in terms of evaluating individual software quality tasks.

Highlighting unexplored parts of a common problem. Description of a scenario approach for software quality assessment tasks.

A more formalized representation of the scenario approach to solving software quality assessment problems was not considered. The purpose of the article is to develop a scenario model for software quality assessment. The article offers a presentation and description of a software quality assessment scenario model consisting of the following 6 elements: initial conditions, input data, actions, transitional data, roles and results. It was found that during its life cycle, a script can be in the following states: a script on paper, a pilot script and a real scenario. During the transition to each state, many elements of the scenario may change. To formalize such changes, additional script operations were introduced and formally described: the exclusion operation and the inclusion operation. Variants of inequalities of a set of scenario elements for a paper scenario and a pilot scenario are considered.

The presented model of the software quality assessment scenario can be used in software quality assessment based on defect seeding.

Keywords: scenario approach, scenario model, software quality, software quality assessment, software defect settlement.

Введение

Модель сценария оценки качества программного обеспечения. Концепция сценария. Представим и формально опишем сценарий ориентированный подход к оценке качества ПО.

Прежде всего, рассмотрим понятие сценария. Слово сценарий происходит от латинского слова *scena*, кото-

Аннотация. Оценка качества программного обеспечения является обязательным процессом при обеспечении необходимого качества программного обеспечения в рамках общего процесса его разработки. Постоянное развитие имеющихся и появление новых информационных технологий (искусственный интеллект, облачные вычисления, виртуальная и дополненная реальность и т.п.) и систем повышает требования к процессу оценивания и качества ПО.

Существующие подходы к оценке качества имеют существенные недостатки, связанные со слабой формализацией при планировании задач оценки качества ПО, высокой степенью неопределенности при принятии решения ответственными участниками процесса, недостаточностью или избыточностью информации, определением количества участников процесса оценки ПО.

Были рассмотрены последние публикации в открытом доступе, в которых рассматривается сценарный подход в общем виде и в части оценки отдельных задач качества программного обеспечения.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Описание сценарного подхода для задач оценки качества программного обеспечения.

Более формализованное представление сценарного подхода к решению задач оценки качества ПО не рассматривалось. Целью статьи является разработка модели сценария оценки качества программного обеспечения.

В статье предлагается представление и описание модели сценария оценки качества ПО, состоящей из 6 следующих элементов: начальных условий, входных данных, действий, переходных данных, ролей и результатов. Было установлено, что в течение своего цикла жизни сценарий может находиться в следующих состояниях: сценарий на бумаге, пилотный сценарий и реальный сценарий. При переходе в каждое состояние множество элементов сценария могут изменяться. Для формализации таких изменений были введены и формально описаны дополнительные операции по сценарию: операция исключения и операция включения. Рассмотрены варианты неравенств множества элементов сценария для сценария на бумаге и пилотного сценария.

Представленная модель сценария оценки качества программного обеспечения может применяться при оценке качества ПО на основе засева дефектов.

Ключевые слова: сценарный подход, модель сценария, качество ПО, оценка качества ПО, засел дефектов ПО.

рое переводится как сцена. Первоначально сценарий рассматривался как литературно-драматическое произведение, написанное как основа для постановки кино или телефильма, и других мероприятий в театре и других местах. В XX веке ведущий аналитик корпорации RAND Герман Кан (Herman Kahn) [1] адаптировал этот термин для использования при написании возможных историй развития событий в будущем. Оливер Сперроу (Oliver

Sparrow), один из основателей сценарного подхода в корпорации Royal Dutch Shell, выделяет четыре современные трактовки этого термина [2]: анализ чувствительности в таких сферах как управление финансовыми потоками, оценка рисков, менеджмент проектов; синоним понятия «чрезвычайный план» в военном или гражданском планировании внештатных ситуаций, определяя, кто и что должен делать при возникновении нештатной ситуации; синоним «чрезвычайного плана» в корпоративной или государственной политике; в понимании «логически согласованное предположение о будущем» при принятии решений и формировании стратегии.

Все основные определения обобщаются голландским ученым Филиппом Ван Ноттенем (Philip Van Notten) в [3] следующее определение: сценарий — это последовательное описание альтернативных гипотетически возможных вариантов развития событий в будущем, отражающее разные взгляды на прошлое, настоящее и будущее, а также которое может быть базисом для планирования действий.

Формализованное представление модели

Адаптировав представленное определение сценария для оценки качества программного обеспечения,

получим следующую трактовку: сценарий оценки качества ПО — это продукт планирования и описания (непрерывной) последовательности действий, направленных на оценку качества программного обеспечения, включающий описание исходных условий, входных данных, ожидаемого результата (гипотезы) и распределение ролей участников процесса оценки качества ПО. Среди ролей участников процесса можно выделить следующие: организатор (инженер-исследователь) процесса оценки качества ПО (разработчик сценария), руководитель группы тестирования ПО (руководитель группы качества), тестировщик (инженер по качеству), пользователь. Таким образом, сценарий оценки качества программного обеспечения включает 6 следующих элементов: действия, переходные данные, передаваемые от этапа к этапу, роли, входные данные, исходные условия, ожидаемый результат или гипотеза. Представим в общем виде — графическом (рис. 1) и формальном виде элементы сценария:

— $INCONSCE = \{inconsce_k\}_{k=1}^p$ — множество начальных условий сценария оценки качества программного обеспечения (INCONSCE — Initial Conditions of Scenario), $inconsce$ — начальное условие сценария оценки качества программного обеспечения;

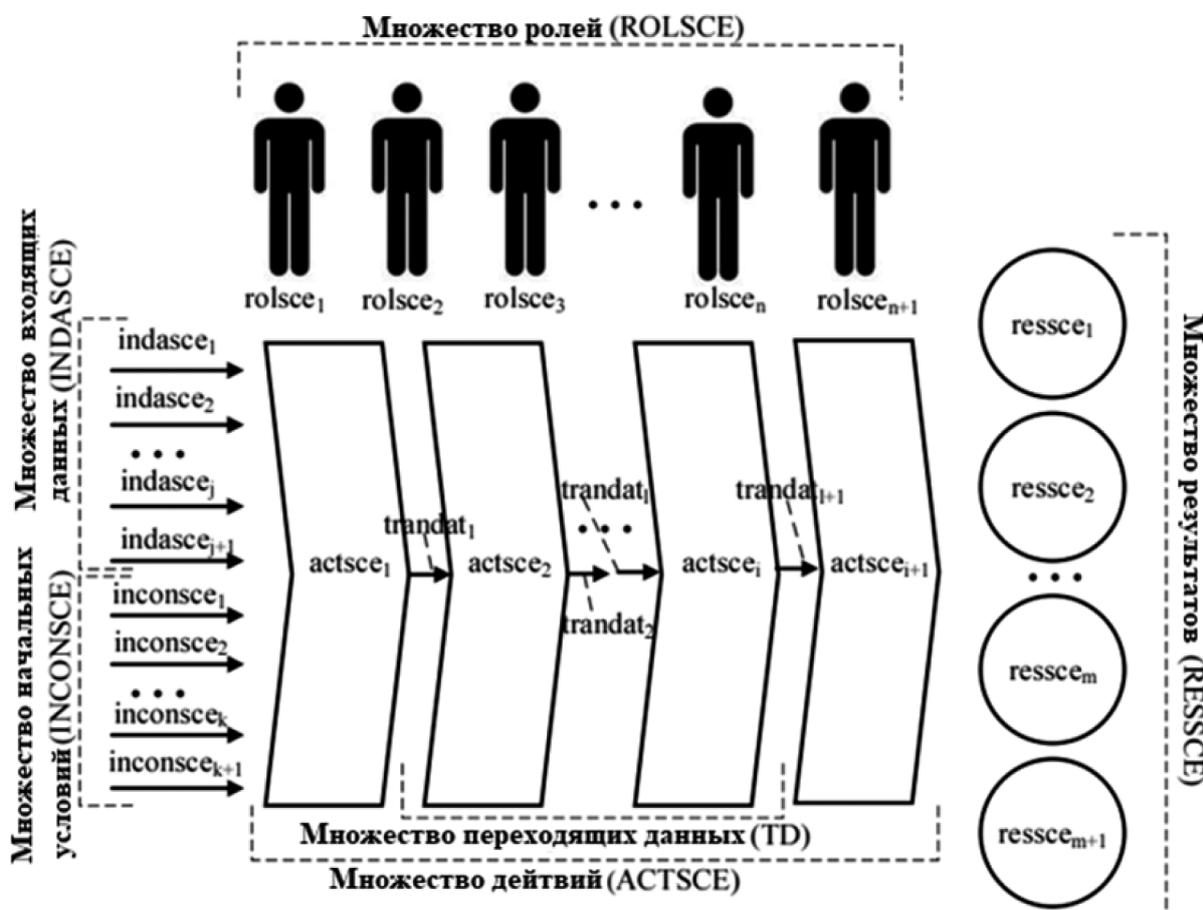


Рис. 1. Графическое представление модели сценария оценки качества программного обеспечения

- $INDASCE = \{indasce_j\}_{j=1}^f$ — множество входных данных сценария оценки качества программного обеспечения (INDASCE — Input Data of Scenario), $indasce$ — входные данные сценария оценки качества программного обеспечения;
- $ACTSCE = \langle actsce_i \rangle_{i=1}^q$ — множество действий сценария оценки качества программного обеспечения (ACTSCE — Actions of Scenario), $actsce$ — действие сценария оценки качества программного обеспечения;
- $TRANDAT = \{trandat\}_{i=1}^d$ — множество переходных данных, которые передаются от действия к действию, т.е. исходные данные переходят и становятся входными данными для последующего

- действия (TRANDAT — TRANSITION DATA), $actsce$ — действие сценария оценки качества программного обеспечения;
- $ROLSCE = \{rolsce_n\}_{n=1}^t$ — множество ролей для сценария оценки качества программного обеспечения (ROLSCE — Roles of Scenario), $rolsce$ — роль для сценария оценки качества программного обеспечения;
- $RESSCE = \{ressce_n\}_{n=1}^t$ — множество результатов сценария оценки качества программного обеспечения (RESSCE — Results of Scenario), $ressce$ — результат сценария оценки качества программного обеспечения.

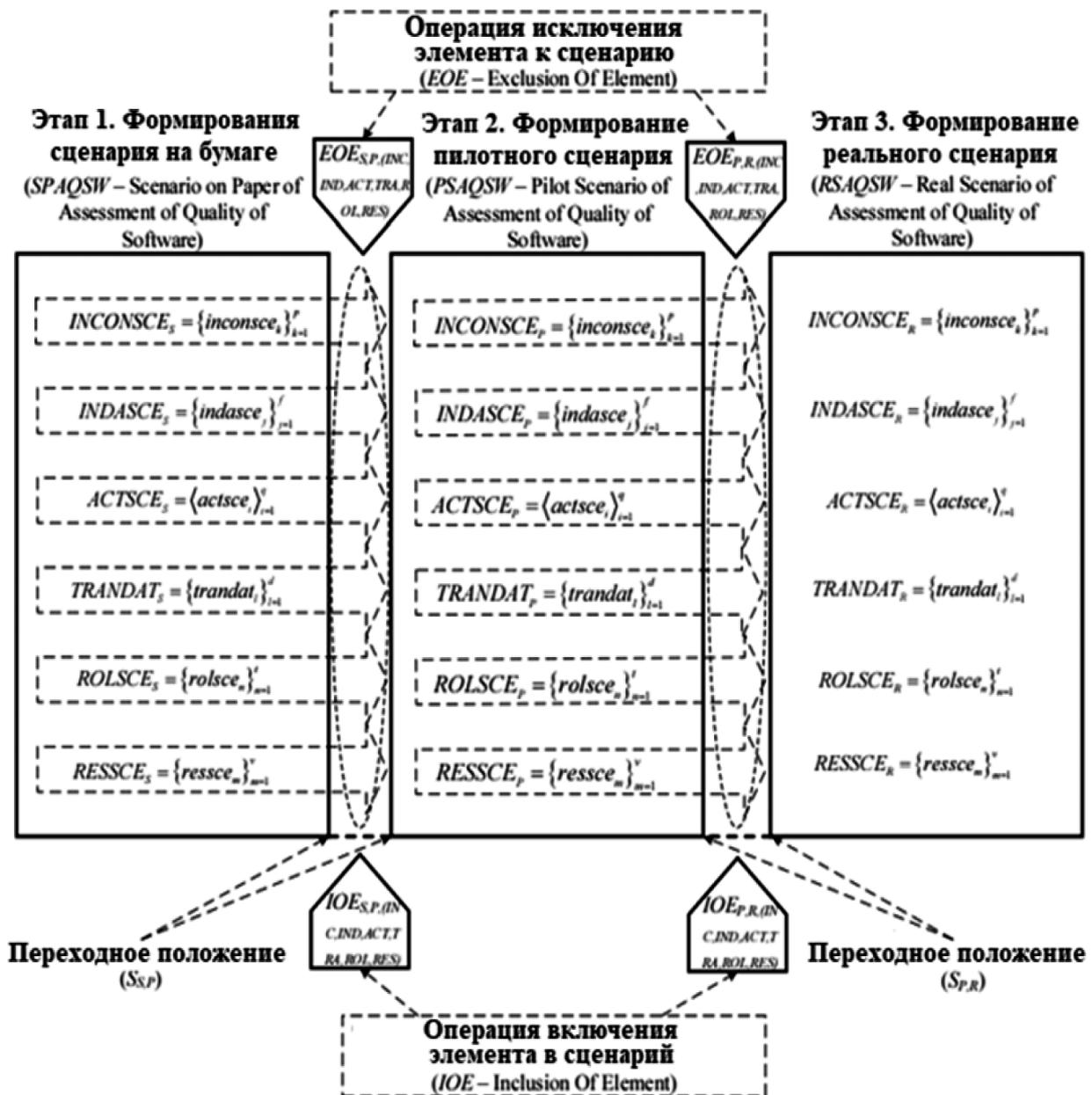


Рис. 2. Жизненный цикл сценария оценки качества программного обеспечения

Таким образом, сценарий оценки качества программного обеспечения (SAQSW — Scenario of Assessment of Quality of Software) описывается как множество множеств (1):

$$SAQSW = \left\{ \begin{array}{l} INCONCE, INDASCE, ACTSCE, \\ TRANDAT, ROLSCE, RESSCE \end{array} \right\} \quad (1)$$

Опытным путем было установлено, что сценарий в течение своего жизненного цикла (рис. 2) эволюционирует и представляется в трех последующих состояниях:

- сценарий на бумаге (SPAQSW — Scenario on Paper of Assessment of Quality of Software). Это первое состояние сценария, разрабатываемое организатором процесса оценки. Для обозначения такого состояния сценария для каждого множества добавлен индекс «S» (2)

$$SPAQSW = \left\{ \begin{array}{l} INCONCE_s, INDASCE_s, ACTSCE_s, \\ TRANDAT_s, ROLSCE_s, RESSCE_s \end{array} \right\} \quad (2)$$

- пилотный сценарий (PSAQSW — Pilot Scenario of Assessment of Quality of Software).

Это сценарий на бумаге, выполняемый в тестовом режиме. Такой сценарий необходим для отработки и уточнения сценария на реальном тестовом примере. Преимущественно количество участников, вовлеченных в сценарий, является минимальным. Обычно этот сценарий отличается от сценария на бумаге за счет уточнения элементов сценария. Для обозначения такого состояния сценария для каждого множества добавлен индекс «P» (3)

$$PSAQSW = \left\{ \begin{array}{l} INCONCE_p, INDASCE_p, ACTSCE_p, \\ TRANDAT_p, ROLSCE_p, RESSCE_p \end{array} \right\} \quad (3)$$

- реальный сценарий (RSAQSW — Real Scenario of Assessment of Quality of Software).

Такое состояние сценария используется для оценки качества программного обеспечения для реально-го объекта исследования. В большинстве своем может отличаться от пилотного сценария, за счет уточнений, которые вносятся в него в процессе выполнения. Для обозначения такого варианта сценария для каждого множества добавлен индекс R (4).

$$PSAQSW = \left\{ \begin{array}{l} INCONCE_r, INDASCE_r, ACTSCE_r, \\ TRANDAT_r, ROLSCE_r, RESSCE_r \end{array} \right\} \quad (4)$$

Таким образом, уточним общую запись для сценария оценки качества программного обеспечения с учетом состояния сценария и добавим для каждого множества индекс VOS, обозначающий состояние сценария (VOS — Variant Of Scenario). Следовательно, индекс VOS может принимать следующие значения: S — SPAQSW —

Scenario on Paper of Assessment of Quality of Software, P — PSAQSW — Pilot Scenario of Assessment of Quality of Software, R — RSAQSW — Real Scenario of Assessment of Quality of Software (5):

$$SAQSW = \left\{ \begin{array}{l} INCONCE_{vos}, INDASCE_{vos}, ACTSCE_{vos}, \\ TRANDAT_{vos}, ROLSCE_{vos}, RESSCE_{vos} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Операции над сценарием

В течение своего жизненного цикла сценарий может уточняться, то есть видоизменяться. В статье не рассматриваются и не анализируются примеры и причины, в которых может изменяться сценарий, поскольку такой материал требует большего объема и может претендовать на отдельную статью. Было установлено, что такие изменения сводятся к двум следующим операциям над элементами сценария:

- исключение (удаление) элемента сценария;
- включение (добавление) элемента сценария.

Для более формального описания таких изменений сценария введем дополнительное обозначение — SVOS,VOS, которое может быть двух видов: SS,P — переходное состояние сценария на бумаге в пилотном сценарии, SP,R — переходное состояние пилотного сценария в реальный сценарий. Рассмотрим возможные варианты неравенств сценариев и их элементов для переходных состояний (рис. 2).

Формально представим описание операций исключения (EOEVOS, VOS, TEOS) и включения (IOEVOS, VOS, TEOS). Для этого необходимо ввести дополнительные следующие множества:

- множество начальных элементов из соответствующего множества (SOETEOS — Set of Original Elements). Такое множество включает все элементы исходного сценария, для которого будет изменяться соответствующая операция;
- множество элементов, исключаемых из соответствующего множества (SEXETEOS — Set of xcluding Elements). Поскольку при использовании операции исключения может удаляться только один элемент из множества исходных элементов сценария, то такое множество будет включать один элемент, хотя такие элементы во множестве могут накапливаться при многократном использовании операции исключения для начального сценария;
- множество исключенных элементов из соответствующего множества (SEETEOS — Set of Excluded Elements). Поскольку при использовании операции исключения может удаляться только один элемент из множества начальных элементов сценария, то такое множество будет состоять из одного элемента, хотя такие элементы во множестве могут накапливаться при многократном исполь-

зовании операции исключения для начального сценария. То есть элемент сценария при использовании операции исключения переходит из множества исключаемых элементов во множество включенных элементов;

- множество результирующих элементов из соответствующего множества (SRETEOS — Set of Resulting Elements). Такое множество формируется как разница между множеством начальных элементов и множеством исключаемых элементов сценария или же как сумма множества начальных элементов и множества включаемых элементов;
- множество включаемых элементов из соответствующего множества (SIETEOS — Set of Included Elements). Это множество, которое включает в себя элемент или элементы, которые будут добавлены в множество начальных элементов, и такое объединение множеств формирует результирующее множество элементов сценария.

Жизненный цикл сценария оценки качества программного обеспечения включает 3 этапа, которые соответствуют его трем состояниям (см. рис. 2):

1. Этап формирования сценария на бумаге;
2. Этап формирования пилотного сценария;
3. Этап формирования реального сценария.

Такие этапы формирования сценария оценки качества программного обеспечения могут выполняться только последовательно. В начале этап формирования сценария на бумаге, далее пилотного и реального сценариев.

Переходя от этапа к этапу, в течение своего жизненного цикла сценарий оценивания качества программного обеспечения может претерпевать определенные изменения. Такие изменения являются результатом применения операций исключения и (или) включения элементов сценария.

Для переходного состояния S_{PR} существуют следующие два варианта неравенств:

1. Пилотный сценарий не равен реальному сценарию, то есть $PSAQSW \neq RSAQSW$.

Такое неравенство в части множества вариантов на уровне элементов сценария аналогично неравенству

сценария на бумаге и пилотному сценарию с учетом того, что в качестве коэффициентов при элементах сценария рассматриваются коэффициенты в круглых скобках, то есть вместо индекса «S» рассматривается индекс «P», а вместо индекса «P» рассматривается индекс «R».

2. Пилотный сценарий идентичен реальному сценарию, т.е. $PSAQSW = RSAQSW$.

Таким образом, каждое из множеств элементов одного сценария равно соответствующему множеству другого сценария, т.е. $INCONSCE_S = INCONSCE_P$, $INDASCE_S = INDASCE_P$, $ACTSCE_S = ACTSCE_P$, $TRANDAT_P = TRANDAT_R$, $ROLSCE_P = ROLSCE_R$.

Предлагаемая модель может быть использована для оценки качества программного обеспечения с использованием засева дефектов ПО. В частности, при разработке и реализации процедур засева дефектов (Fault Injection Testing, FIT), используемых в Научно-производственном предприятии «Радий», применяются различные сценарии засева для оценки функциональной безопасности FPGA-проектов для локальных информационно-управляющих систем АЭС. Для выполнения FIT формируются различные профили засеиваемых в электронный проект дефектов, физический модуль, программное обеспечение верхнего уровня, одиночных и множественных дефектов, относительных и абсолютных дефектов двухверсионных систем аварийной защиты и т.д. Такое разнообразие профилей порождает разнообразие сценариев FIT и сценариев оценки качества, описанных в статье.

Заключение

В статье представлена и формально описана модель сценария оценки качества программного обеспечения. Ее применение позволит формализовать планирование (начальные условия, входные данные, действия, переходные данные, роли и результаты) и выполнение сценария, учесть возможные особенности состояний сценариев, переход сценария из состояния в состояние с учетом возможных изменений множества элементов сценария.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку и автоматизацию реализации детализированных сценариев оценки качества программ и FPGA проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ратанотаянон С., Шривисал Ч., Ваничайобонанд С., Пречаверакул Л. Сравнительные классификаторы для оценки качества программного обеспечения. 2012. Международный журнал техники и технологий. 2012. Том. 4(4). Пр. 404–408.
2. Гордеев О., Харченко В. Модели качества IT-ориентированного программного обеспечения и эволюция доминирующих характеристик. В материалах 9-й Международной конференции IEEE по надежным системам, услугам и технологиям (DESSERT). 2018. Пр. 390–395.
3. Брандтнер М. Содействие оценке качества программного обеспечения. В материалах 35-й Международной конференции по программной инженерии (ICSE). 2013. Пр. 1393–1396 гг.
4. Модели качества программного обеспечения: цели, сценарии использования и требования / Ф. Дейссенбок, Э. Юргенс, К. Лохманн и др. В материалах семинара ICSE по качеству программного обеспечения. 2009. Пр. 9–14.
5. Бриггс Ч.М., Матеева М. Сценарное планирование и комплексно-сценарный подход. Безопасность при стихийных бедствиях. 2019. Пр. 38–60.
6. Коппен П.Дж., Маккор А.Р. Сценарный подход к делу Саймонсхавена. Интернет-библиотека Wiley. Темы когнитивной науки. 2019. Пр. 1–20. URL-адрес: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tops.12429>.
7. Кампи М.К., Гаратти С. Введение в сценарный подход: кн. Общество промышленной и прикладной математики и Общество математической оптимизации. 2018. 116 с.
8. Рампони Ф.А. Непротиворечивость сценарного подхода. Журнал по оптимизации. 2018. Том. 28(1). Пр. 135–162.
9. Гаратти С., Кампи М.К. Обучение для управления: байесовский сценарный подход. В материалах 58-й конференции IEEE по решениям и управлению (CDC). 2019. Пр. 1772–1777 гг.
10. Шумков Ю.А., Видовский Л.А. Сценарный подход к управлению проектами. Политематический электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. Том. 134 (10). Пр. 1–9.
11. Сумья С., Байдзю А. Эмуляция программных ошибок путем внедрения программных ошибок. Международный журнал компьютерных приложений. 2014. Том. 97. Пр. 9–11.
12. Котронео Д., Мадейра Х. Введение в внедрение ошибок программного обеспечения. Инновационные технологии для надежных критических систем на основе ОТС / под ред. Д. Котронео. Спрингер. 2013. Пр. 1–15.
13. Кан Х. 2000 год: основа для размышлений о следующих тридцати трех годах. Нью-Йорк: Издательская компания Macmillan. 1967. 432 с.
14. Воробей О. Использование сценариев — от расплывчатого к конкретному. Сценарное и стратегическое планирование. 2000. Том. 2(5). Пр. 18–21.
15. Ван Ноттен Ф. Надпись на стене: развитие сценария во времена прерывности. Флорида: Бока-Ратон. 2005. 209 с.
16. Харченко В., Гордеев О., Вилкомир С., Одарущенко О. T-Wise-основанный многократный метод инъекции для проверки безопасности критических систем управления и контроля. Материалы 9-й Международной конференции по приборостроению, управлению и технологиям человеко-машинного интерфейса (NPIC&HMIT). 2015. С.1–9.

© Лаптов Денис Сергеевич (xcold.flamex@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Лаптов Денис Сергеевич

Челябинский государственный университет, Казань
xcold.flatex@gmail.com

METHODS OF ENSURING THE QUALITY OF SOFTWARE DEVELOPMENT BASED ON A SYSTEMATIC APPROACH

D. Laptov

Summary. The purpose of the work is to analyze problems and develop recommendations for software quality assurance and testing when creating it in IT companies based on a systematic approach.

The object of research is the processes of testing, quality control and quality assurance.

The subject of the research is the functions of quality assurance (QA) and testing (QC) in the development system, as well as the characteristics and models for evaluating the quality and reliability of software.

In the course of the research, a systematic approach was applied, a comparative analysis of quality assessment methods and approaches to the organization of testing, quality control and quality assurance of software products. The essence and main differences of the concepts of «testing», «quality control» and «quality assurance» are defined. To assess the quality of software, various aspects of quality were considered in accordance with international standards, the relationship between them and a multi-level model of software quality. To ensure the quality of the software product, it is proposed to use methods of integrated quality assessment, which allow to obtain the final integral value of the quality of the software as a whole, expressed in certain quantitative indicators, or its individual characteristics, and considered the most general methods based on costs and hierarchical models.

A systematic approach to software quality assurance involves the creation of a quality assurance group, which is an independent subsystem within the software development system while maintaining communication with the members of the group. To assess the differences between quality control and quality assurance, an analysis of the responsibilities, work planning and documentation of the relevant groups in IT companies was carried out, which made it possible to compare the functions performed and working conditions. Thus, the QC function confirms that a specific result meets standards and specifications, and QA is a broader function that covers planning and control throughout the development lifecycle. Testing is an integral part of quality control. In order for an IT company to provide management processes, the QA and QC teams must work together. The scientific novelty of the work consists in the development of a methodological basis for software quality assessment, the development of recommendations for improving quality assurance and testing processes in software development in an IT company.

Keywords: software, testing, quality control, quality assurance, reliability, safety, quality model, metrics, quality indicators, system approach.

Аннотация. Цель работы — анализ проблем и разработка рекомендаций по обеспечению качества программного обеспечения и тестированию при его создании в ИТ-компаниях на основе системного подхода.

Объектом исследования являются процессы испытаний, контроля качества и обеспечения качества.

Предметом исследования являются функции обеспечения качества (ОК) и тестирования (КК) в системе разработки, а также характеристики и модели оценки качества и надежности программного обеспечения.

В процессе исследования применялся системный подход, сравнительный анализ методов оценки качества и подходов к организации тестирования, контроля качества и обеспечения качества программных продуктов. Определены сущность и основные отличия понятий «тестирование», «контроль качества» и «обеспечение качества». Для оценки качества программного обеспечения были рассмотрены различные аспекты качества в соответствии с международными стандартами, взаимосвязь между ними и многоуровневая модель качества программного обеспечения. Для обеспечения качества программного продукта предложено использовать методы комплексной оценки качества, позволяющие получить итоговое интегральное значение качества программного обеспечения в целом, выраженное в определенных количественных показателях, либо его отдельных характеристиках, и считающиеся наиболее общие методы, основанные на затратах и иерархических моделях.

Системный подход к обеспечению качества программного обеспечения предполагает создание группы обеспечения качества, которая является независимой подсистемой в рамках системы разработки программного обеспечения при сохранении связи с членами группы. Для оценки различий между контролем качества и обеспечением качества был проведен анализ обязанностей, планирования работы и документации соответствующих групп в ИТ-компаниях, что позволило сравнить выполняемые функции и условия работы. Таким образом, функция QC подтверждает, что конкретный результат соответствует стандартам и спецификациям, а QA представляет собой более широкую функцию, которая охватывает планирование и контроль на протяжении всего жизненного цикла разработки. Тестирование является неотъемлемой частью контроля качества. Чтобы ИТ-компания могла обеспечить процессы управления, команды QA и QC должны работать вместе. Научная новизна работы заключается в разработке методической основы оценки качества программного обеспечения, разработке рекомендаций по совершенствованию процессов обеспечения качества и тестирования при разработке программного обеспечения в ИТ-компаниях.

Ключевые слова: программное обеспечение, тестирование, контроль качества, обеспечение качества, надежность, безопасность, модель качества, метрики, показатели качества, системный подход.

Введение

Обеспечение качества или обеспечение качества программного обеспечения является неотъемлемой частью процесса разработки и используется в ИТ-индустрии как специалистами по обеспечению качества, так и тестировщиками. Обеспечение качества связано с понятием надежности. Надежность — это, прежде всего, гарантия повышенной кибербезопасности, надежности и защиты от сбоев. В тех случаях, когда выход из строя программной системы, относящейся к классу «высокая достоверность» или «система высокой целостности», может привести к крайне негативным последствиям, общая гарантия системы, включающая в себя оборудование, программное обеспечение и человека, является основной и приоритетное требование качества по отношению к основному функционалу системы.

Как контроль качества, так и тестирование программного обеспечения предназначены для того, чтобы гарантировать качество программного приложения, отвечающее требованиям заказчика. Однако эти два понятия имеют принципиальное различие. Тестирование выполняется после создания приложения или для статического тестирования после того, как требования к программному обеспечению определены и зафиксированы в соответствующем документе [1,2]. Обеспечение качества включает мероприятия, обеспечивающие качество приложения при его создании на всех этапах, от определения требований до передачи готового приложения заказчику [2].

Чтобы понять различия между этими составляющими процесса разработки программного обеспечения, необходимо дать четкое определение этим понятиям, соотнести между собой их характеристики, определить методы оценки качества программного обеспечения.

Успешное решение задач обеспечения качества ПО возможно только при системном подходе к процессам разработки ПО, активном привлечении специалистов по обеспечению качества и тестировщиков, поэтому в работе будут выявлены различия между обязанностями этих специалистов, различия в планировании испытаний и документации, а также так же разработаны рекомендации по совершенствованию процессов разработки программного обеспечения с точки зрения обеспечения качества.

Основной целью статьи является анализ проблем и разработка рекомендаций по обеспечению качества программного обеспечения и его тестированию при его создании в ИТ-компаниях на основе принципов системного подхода.

Обзор литературных источников

Для уточнения различий между понятиями тестирования и обеспечения качества программного обеспечения рассмотрим родственные понятия «тестирование», «контроль качества» и «обеспечение качества», которые широко освещаются как в отечественной литературе, так и в зарубежных источниках. [3–5].

Тестирование программного обеспечения согласно ISO/IEC TR 19759:2005 — это процесс исследования, тестирования программного обеспечения, целью которого является проверка соответствия между фактическим поведением программы и ее ожидаемым поведением на окончательном наборе тестов, выбранном конкретным (рис. 1).



Рис. 1: Соотношение между понятиями «тестирование» и «контроль качества»

Взаимосвязь между обеспечением качества, контролем качества и тестированием показана на рис. 2. Деятельность по обеспечению качества включает установление стандартов и процессов, контроль качества и выбор соответствующих инструментов.



Рис. 2: Взаимосвязь между ОК, КК и тестированием

Для всех этих аспектов качества были созданы метрики, которые позволяют их оценивать.

На рис. 3 показана взаимосвязь различных аспектов качества программного обеспечения.

Кроме того, стандарт описывает многоуровневую модель качества программного обеспечения, которую можно использовать для описания как внутреннего,

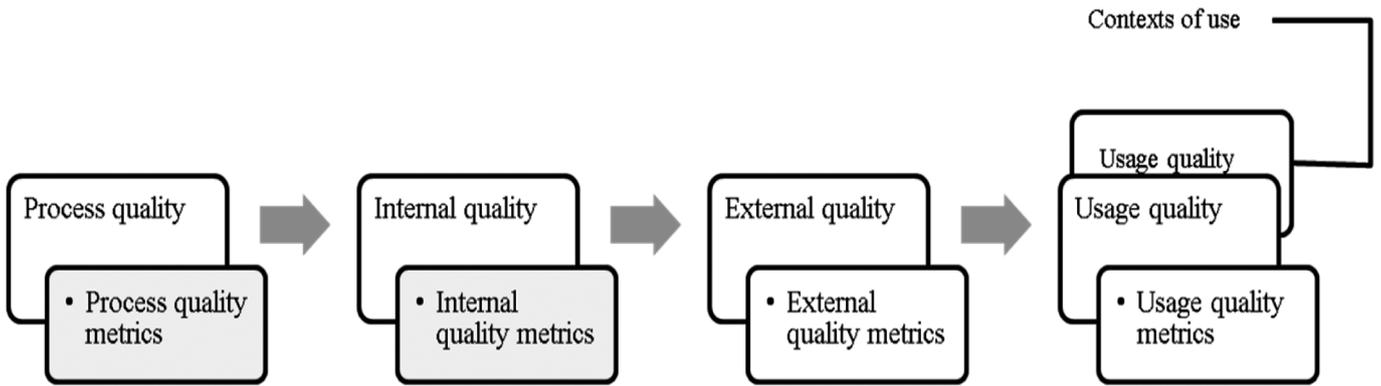


Рис. 3. Обмен информацией о различных аспектах

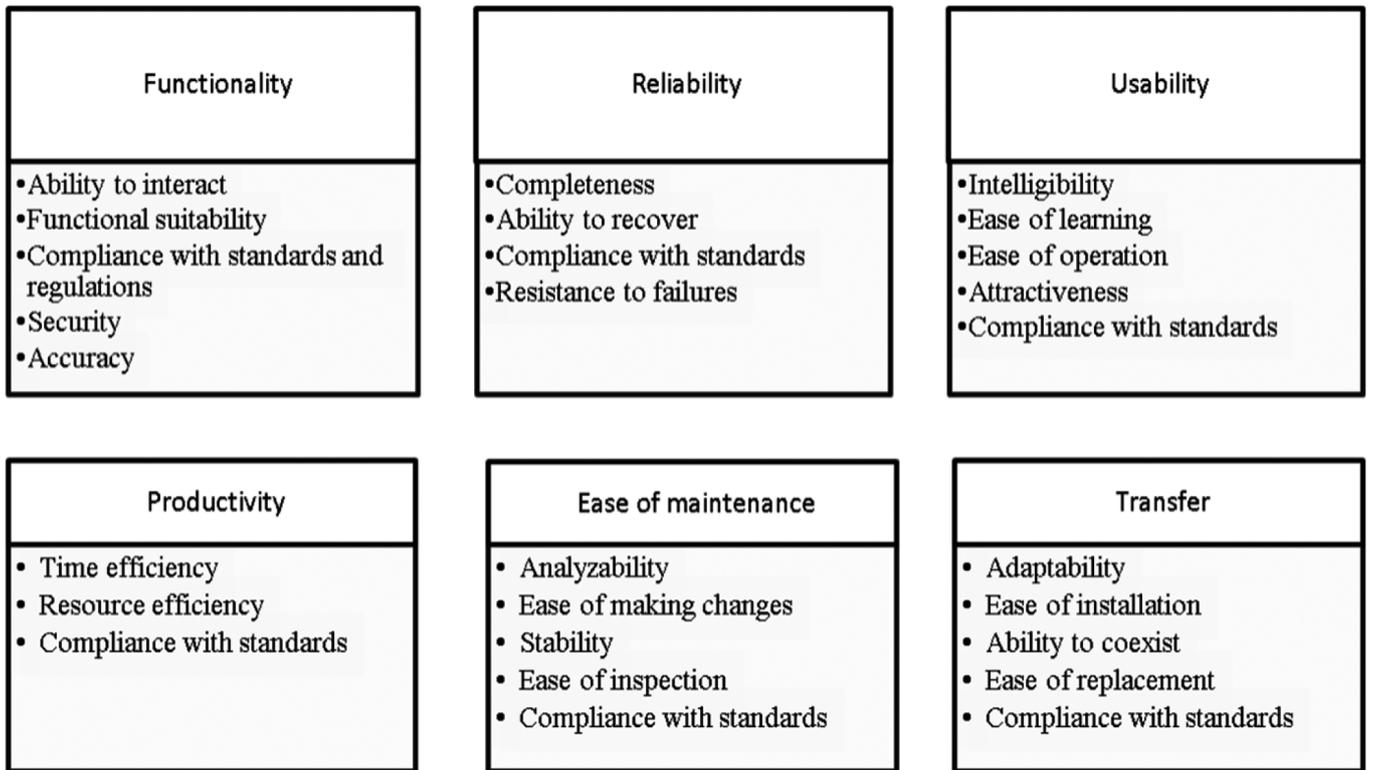


Рис. 4. Многоуровневая модель качества программного обеспечения

так и внешнего качества программного обеспечения (рис. 4). На верхнем уровне модели находится 6 основных характеристик качества ПО, каждая из которых имеет свои атрибуты:

- функциональность: возможность взаимодействия, функциональная пригодность, соответствие стандартам и правилам, безопасность, точность;
- надежность: комплектность, способность к восстановлению, соответствие стандартам, устойчивость к сбоям;
- юзабилити: понятность, легкость в освоении, простота в эксплуатации, привлекательность, соответствие стандартам;
- производительность: эффективность использования времени, эффективность использования ресурсов, соблюдение стандартов;

- простота обслуживания: анализ, простота внесения изменений, стабильность, простота проверки, соответствие стандартам;
- передача: адаптируемость, простота установки, возможность сосуществования, простота замены, соответствие стандартам.

Системный подход к улучшению процессов обеспечения качества и тестирования при разработке программного обеспечения

Потребность в обеспечении качества программного обеспечения возрастает с размером организации и уровнем ее политики в области качества. Обеспечение качества — сложный многогранный процесс. Поэтому системный подход обеспечивает ее необходимый уро-

вень в полном объеме. Этот подход рассматривает обеспечение качества как отдельную подсистему, входящую в состав системы разработки, имеющую с ней определенные связи, а также определенную самостоятельность как системы. В ИТ-компании создается группа QA (группа обеспечения качества).

В некоторых организациях функция контроля качества встроена в офис управления проектами. Такая модель также отвечает критериям независимости. Однако при такой организации нужно убедиться, что группа QA состоит из квалифицированных аналитиков по обеспечению качества.

Учитывая различия между концепциями тестирования программного обеспечения, контроля качества и обеспечения качества, существуют также различия между обязанностями группы контроля качества и тестировщиков.

В обязанности тестировщика входит: планирование тестирования, написание тестовых сценариев и тестовых случаев, проверка тестов, проведение испытаний, анализ результатов испытаний, создание и анализ отчетности по результатам тестирования для разных уровней тестирования.

При планировании тестов тестировщики готовят стратегии и планы тестирования на основе основных тестовых документов, таких как требования к программным приложениям и проектные решения. Эти документы планирования тестирования являются основой для реализации процессов на различных запланированных уровнях тестирования. Для каждого уровня тестирования составляются тесты, наборы входных данных и ожидаемых результатов, подробные графики тестирования, требования к окружающей среде, документы по дефект-менеджменту, тест-менеджменту и отчетности. Напротив, документация по обеспечению качества программных приложений или планы качества включают более широкий набор действий на всех этапах разработки. Это влияет на методологию управления проектами.

Выводы

В работе проведено сравнение понятий «тестирование», «контроль качества» и «обеспечение качества», которое показало, что тестирование является частью контроля качества, а контроль качества совпадает с обеспечением качества в области контроля качества. Надежность, включающая в себя отказоустойчивость, безопасность, защиту информации или защищенность, а также удобство использования, должна обеспечиваться в первую очередь для программных комплексов высокой надежности, высокой доступности в рамках гарантии качества.

Оценка качества программного обеспечения должна учитывать международные стандарты в этой области, которые определяют различные аспекты качества, такие как качество процесса, внутреннее качество, внешнее качество и качество использования. Для оценки качества рекомендуется использовать многоуровневую модель, включающую следующие характеристики: функциональность, надежность, удобство использования, производительность, удобство поддержки, перевода.

С точки зрения системного подхода обеспечение качества можно определить как отдельную подсистему, являющуюся составной частью системы разработки, имеющую с ней определенные связи, а также определенную самостоятельность как системы. Для оценки различий между процессами обеспечения качества и контроля качества был проведен анализ обязанностей соответствующих групп специалистов, планирования их работы и документирования, что позволило сопоставить выполняемые функции и условия труда. Чтобы ИТ-компания имела эффективные процессы управления качеством, группы обеспечения качества и контроля качества должны работать вместе.

Успешная группа обеспечения качества может внести существенный вклад в организацию, а именно:

- повышение качества и гарантии программных приложений;
- согласованность в доставке программных приложений;
- улучшение организации процессов; снижение общей стоимости доставки;
- использовать приложения для документации по поддержке приложений.

При этом следует учитывать, что QA-специалисты требуют дополнительных затрат:

во-первых, в штатном расписании аналитиков качества программного обеспечения, во-вторых, из-за сложности процессов. В начале реализации — это может негативно сказаться на коллективе.

Обеспечение качества программного обеспечения требует внедрения комплексных методов оценки качества и отдельных показателей качества. Комплексные процессы оценки включают:

- определение цели оценки, разработка модели качества, создание модели метрик,
- поиск базовых метрик, определение производных метрик,
- формализация метрик, определение пределов метрик,
- определение фактических значений показателей,
- определение комплексной оценки качества программного обеспечения,
- анализ качества ПО.

Для обеспечения качества необходимо проводить его оперативную комплексную оценку на всех этапах ЛЦ | и комплексную оценку затрат на разработку, эксплуатацию и сопровождение готового программного приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Фолк, Канер, Э. Нхуен, Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнеса–приложения, пер. с англ., Издательство «Дя-Софт», Киев, 2001.
2. Кулаков К.А., Димитров В.М. Основы тестирования программного обеспечения // Издательство ПетрГУ. Петрозаводск.
3. Дж. Махрехор Д. Сайкс, Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения, Дясофт, Киев, 2002.
4. С. Макконнелл, Совершенный код. Мастер-класс, Издательско-торговый дом «Русская редакция», Москва, Санкт-Петербург, Питер, 2005.
5. М.А. Плаксин, Тестирование и отладка программ для профессионалов будущих и настоящих, 2-е изд. (эл.), БЫНОМ. Лаборатория знаний, Москва, 2013.
6. Программа инженерии. Якист продукту. Часть 1. Модель якости (ISO/IEC 9126-1:2001, IDT): ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013, Чинский от 01.07.2014, МИНЭКОНОМ-РОЗВИТКУ Украины, Киев, 2014.
7. Программа инженерии. Якист продукту. Часть 2. Зовнишні метрики (ISO/IEC TR 9126-2:2003, IDT): ДСТУ ISO/IEC TR 9126-2:2008, Чинский от 2010-07-01, Госпотребстандарт Украины, Киев, 2011.

© Лаптов Денис Сергеевич (xcold.flamex@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

DEVELOPMENT OF METHODS AND ALGORITHMS FOR OPTIMAL DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT OF AN INTEGRATED SECURITY SYSTEM

**A. Lubentsov
S. Kobzisty**

Summary. The work is devoted to the system analysis and development of methods and algorithms for solving problems of making optimal decisions on building a risk matrix and analyzing the compliance of the security system with them. To link the risk matrix of the object and the model of the security system, the objective function is determined. The conditions necessary for synthesizing the objective function are determined. An equation is postulated to minimize costs and maximize efficiency. The elements included in this equation are analyzed. Various models of forecasting the dynamics of risks are given. An original solution to the risk dynamics forecast is proposed as the application of stochastic differential equations to construct a model for predicting risk changes over time. The contribution of the influencing factor, its size is shown. It is shown that a predictive stochastic differential equation can take the meaning of the Ito or Stratonovich integral by stochastic change. Mathematical models for numerical calculation of risk dynamics with different time variability are given. Equations are proposed that allow modeling the dynamics of risks based on various natural laws that create this dynamics. The use of the cascade Method of Hierarchy Analysis proposed by the author to determine the gradations of importance of the characteristics under consideration is justified. Generalizing conclusions on the proposed models are given, recommendations for specialists in the construction of integrated security systems are given.

Keywords: security, integrated security systems, risk, probability of risk realization, risk dynamics, risk forecast, objective function of the security system.

Лубенцов Александр Витальевич

Кандидат географических наук, доцент, профессор,
Воронежский институт ФСИИ России
lubensov@mail.ru

Кобзистый Сергей Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент,
Воронежский институт ФСИИ России
kobzruk@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена системному анализу и разработке методов и алгоритмов решения задач принятия оптимальных решений по построению матрицы рисков и анализу соответствия им системы безопасности. Для связи матрицы рисков объекта и модели системы безопасности определяется целевая функция. Определяются условия, необходимые для синтеза целевой функции. Постулируется уравнение, позволяющее минимизировать затраты и максимизировать эффективность. Анализируются элементы, входящие в это уравнение. Приводятся различные модели прогнозирования динамики рисков. Предлагается оригинальное решение прогноза динамики рисков как применение стохастических дифференциальных уравнений для построения модели прогноза изменения риска по времени. Показан вклад влияющего фактора, его размер. Показано, что прогностическое стохастическое дифференциальное уравнение может принимать смысл интеграла Ито или Стратоновича по стохастическому изменению. Приводятся математические модели для численного расчета динамики рисков при различной временной изменчивости. Предлагаются уравнения, позволяющие моделировать динамику рисков на основе различных природных законов, создающих эту динамику. Обосновывается использование каскадного Метода Анализа Иерархий, предложенного автором, для определения градаций важности рассматриваемых характеристик. Приводятся обобщающие выводы по предложенным моделям, приводятся рекомендации для специалистов по построению комплексных систем безопасности.

Ключевые слова: безопасность, комплексные системы безопасности, риск, вероятность реализации риска, динамика риска, прогноз риска, целевая функция системы безопасности.

Введение

В моделях построения комплексных систем безопасности (КСБ) одна из основных задач — построение матрицы риска защищаемого объекта. Для этого необходим грамотный анализ параметров самого объекта и экспертная оценка всех возможных рисков. В настоящее время основное внимание уделяется прогнозированию и моделированию финансовых, экономических и информационных рисков. Изучение и моделирование рисков динамики остальных рисков осуществляется недостаточно, без комплексного

подхода. Целью работы является анализ и разработка модели прогноза динамики некоммерческих и информационных рисков. Для этого решаются задачи оценки эффективности комплексной системы безопасности, обосновывается применение каскадного метода анализа иерархий оцениваются модели прогнозирования коммерческих рисков.

И только после этого, на следующем шаге, можно моделировать КСБ, с параметрами, соответствующими полученной матрице.

Анализ моделей прогнозирования динамики рисков

В [1] строятся, анализируются и испытываются модели прогнозирования показателей риска с использованием внутридневных данных в обобщенной системе авторегрессионных оценок. Предлагается новая структура для совместной оценки и прогнозирования динамической стоимости риска и ожидаемого дефицита. Модель создается путем включения внутридневной информации в обобщенную модель авторегрессионной оценки для оценки показателей риска в системе квантильной регрессии. Рассматриваются четыре внутридневных показателя: реализованную волатильность при 5-минутной и 10-минутной частотах выборки и доходность за ночь, включенную в эти две реализованные волатильности. В исследовании прогнозирования набор недавно предложенных полупараметрических моделей применяется к четырем международным индексам фондового рынка (S&P 500, Dow Jones Industrial Average, Nikkei 225 и FTSE 100) и сравнивается с рядом параметрических, непараметрических и полупараметрических моделей, включая исторические симуляции, обобщенную авторегрессию и гетероскедастическую — модели. Прогнозы тестируются индивидуально, а для сравнения используется функция совместных потерь. Результаты показывают, что предлагаемые модели, дополненные реализованными показателями волатильности, последовательно превосходят эталонные модели по всем индексам и различным уровням вероятности.

В [2] предлагается метод анализа динамического риска, модель прогнозирования на большие временные интервалы. В статье предлагается новый метод динамического прогнозирования, получения прогнозных оценок показателей риска для изменчивых временных рядов с длительной зависимостью. Метод основан на гетероскедастической модели временных рядов. Модель сводится к авторегрессионной модели бесконечного порядка. Для нахождения коэффициентов авторегрессии решается приведенная система уравнений Юла-Уокера. Предложена процедура оптимизации для уточнения оценок коэффициентов автокорреляции. Процедура формализована в виде многоступенчатого алгоритма. Предлагаемый метод применялся к временному ряду индекса Токийской фондовой биржи. Проведен анализ качества с использованием различных тестов, который подтвердил высокое качество полученных оценок.

В [3] постулируют, что величина риска и ожидаемый дефицит (потери) играют важную роль в управлении рисками. Приводится анализ отрицательного влияния параметров размерности, их точная оценка и прогноз в структурах с большим объемом данных. Для решения этой проблемы предлагаются две процедуры, одна из которых основана на методе фильтрованного истори-

ческого моделирования, в котором многомерные условные ковариационные матрицы оцениваются с помощью общей динамической факторной модели с бесконечномерным факторным пространством и условно гетероскедастическими факторами, а другая основана на схеме начальной загрузки на основе остатков. Результаты обратного тестирования и подсчета баллов, проведенные авторами, показывают, что как величина риска, так и ожидаемый дефицит достаточно точно оцениваются с помощью предлагаемых методов.

Проанализируем теперь основные принципы построения матрицы рисков.

Построение целевой функции системы охраны объекта

«Целевая функция — вещественная или целочисленная функция нескольких переменных, подлежащая оптимизации (минимизации или максимизации) в целях решения некоторой оптимизационной задачи. Термин используется в математическом программировании, исследовании операций, линейном программировании, теории статистических решений и других областях математики в первую очередь прикладного характера...» [14]. Тогда в этом смысле необходимо определить параметры КСБ, условия ее построения, риски и возможные потери от них для дальнейшей оптимизации.

В современной литературе понятие риска, его сущность рассматриваются применительно к конкретной среде реализации. Основной упор сделан на коммерческие риски, имеющие более понятную структуру и финансовую оценку, на информационные риски, которым сейчас посвящено много исследований. Вопросы определения и структурирования остальных рисков в руководящих документах МВД, ФСИН проработаны недостаточно, в МЧС — только для отдельных рисков [8].

В работах [1–2] было подробно рассмотрено построение матрицы рисков для абстрактного объекта. В примерах [3] рассматривались конкретные решения по созданию систем предотвращения рисков и противодействия им. Теперь проведем системный анализ применения различных КСБ, требования к ним, их характеристики. Чтобы связать матрицу рисков объекта и модель КСБ, необходимо определить целевую функцию проектировщика [4]. При ее оптимизации необходимо минимизировать затраты на проектирование и построение и, одновременно, минимизировать возможные потери. С одной стороны, в уравнение должны входить вероятности рисков и параметры ущерба от них, стоимость создания и эксплуатации КСБ, с другой — вероятности предотвращения рисков. Тогда определим:

T — период анализа;

$P(i)$ — вероятность реализации i -го риска;

$Df(i)$ — суммарные потери при реализации i -го риска;

$Pc(i)$ — вероятность противодействия i -му риску КСБ;

$Cc(i)$ — стоимость создания i -го элемента КСБ;

$Co(i)T$ — стоимость эксплуатации i -го элемента КСБ в течении периода T .

Мы заинтересованы в достижении минимального экстремума ($P(i)Df(i)$) и ($Cc(i) + Co(i)T$) и максимального экстремума ($Pc(i)Df(i)$) вне зависимости от формата финансовой оценки.

Тогда целевая функция для i -го риска будет выглядеть следующим образом:

$$(Pc(i)Df(i)) - ((P(i)Df(i)) + (Cc(i) + Co(i)T)) \geq 0. (1)$$

Т.е. наши затраты на синтез КСБ и возможные потери не должны превышать рассчитанную выгоду от предотвращения риска.

Моделирование временной динамики некоммерческих рисков

Рассмотрим риск возникновения пожара, как самый распространенный и понятный. В соответствии с руководящими документами МЧС «Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если он меньше 10^{-6} год $^{-1}$.» Все расчеты данной методики направлены на выбор наихудшего сценария из нескольких произвольных. Все возможные нестандартные сценарии игнорируются. «Сценарии пожара, не реализуемые при нормальном режиме эксплуатации объекта (теракты, поджоги, хранение горючей нагрузки, не предусмотренной назначением объекта и т.д.), не рассматриваются» [5]. Кроме того, расчет пожарных рисков проводится сертифицированными организациями, но сроки установлены не четко, допускают двоякое толкование. В то же время, большинство рисков имеют характер, совмещающий элементы случайного события и случайного процесса. Вероятность проявления большинства рисков — величина переменная. И если с маловероятными рисками все понятно, мы их игнорируем, то вероятность реальных рисков меняется с течением времени. Например, риск возникновения пожара зависит от многих переменных факторов: возраста электропроводки, ее состояния, возникающих повреждений, педантичности руководства объекта, уровня разгильдяйства сотрудников и т.д. На протяжении 5 лет, определенных в большинстве документов МЧС, факторы, влияющие на вероятность риска, меняются многократно, возникают новые. Таким образом, можно сделать вывод, что вероятность i -го риска — величина переменная, в каждый момент времени зависящая от N факторов. Тогда в момент t_0 на-

чала анализа i -го риска его вероятность определяется суммой вероятностей для каждого влияющего фактора:

$$P(i, t_0) = \sum_{n=1}^N P(i, t_0, n) \quad (2)$$

Тогда на всем временном интервале T анализа i -го риска необходимо учесть скорость изменения вероятности риска под влиянием n -го фактора:

$$P(i, T) = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N (P(i, t-1, n) + \partial P(i, t, n) / \partial t) \quad (3)$$

В большинстве случаев учесть все факторы, влияющие на вероятность риска невозможно. В этом случае считается, что их влияние — белый шум, флуктуации вокруг среднего [6]. Однако, некоторые факторы можно учесть, например — старение электропроводки, старение или обновление оборудования.

Применим к модели положения теории случайных процессов, учитывая, что случайный процесс — это отображение реального пространства на вероятностное.

Первое. Процесс изменения вероятности риска — Марковский процесс. Число реализаций целочисленно и конечно, динамика процесса не зависит от предыдущих состояний, что обосновано в [6,7].

Второе. Процесс изменения вероятности риска — винеровский процесс. Изменение характеристик, влияющих на риск, происходит случайно и хаотически, что обосновано в [6,8].

Третье. Изменение вероятности риска — линейный или нелинейный дифференциальный процесс.

Моделирование таких систем с помощью детерминированных методов искажает реальную картину. Как вывод — необходимость использовать стохастическое дифференциальное уравнение (СДУ) — дифференциальное уравнение, в котором хотя бы один член имеет стохастическую сущность, являются случайным процессом [9]. Если искомая величина изменяется во времени, то процесс описывается уравнением вида:

$$\frac{dP(t, \omega)}{dt} = \frac{df(t, P(t, \omega))}{dt} \quad (4)$$

Для учета случайных флуктуаций добавляется слагаемое $g(t, P(t, \omega)) \frac{dW(t, \omega)}{dt}$,

$$\frac{dP(t, \omega)}{dt} = \frac{df(t, P(t, \omega))}{dt} + g(t, P(t, \omega)) \frac{dW(t, \omega)}{dt}. \quad (5)$$

Или в интегральном виде

$$P(t, \omega) = P_0 + \int_0^t f(t, P(t, \omega)) dt + \int_0^t g(t, P(t, \omega)) dW(t, \omega), (6)$$

где второй интеграл может принимать смысл интеграла Ито или Стратоновича по стохастическому изменению (броуновскому движению) от случайного события $W(t)$ [9,10].

Как вариант решения этого интеграла можно рассмотреть решение Ито

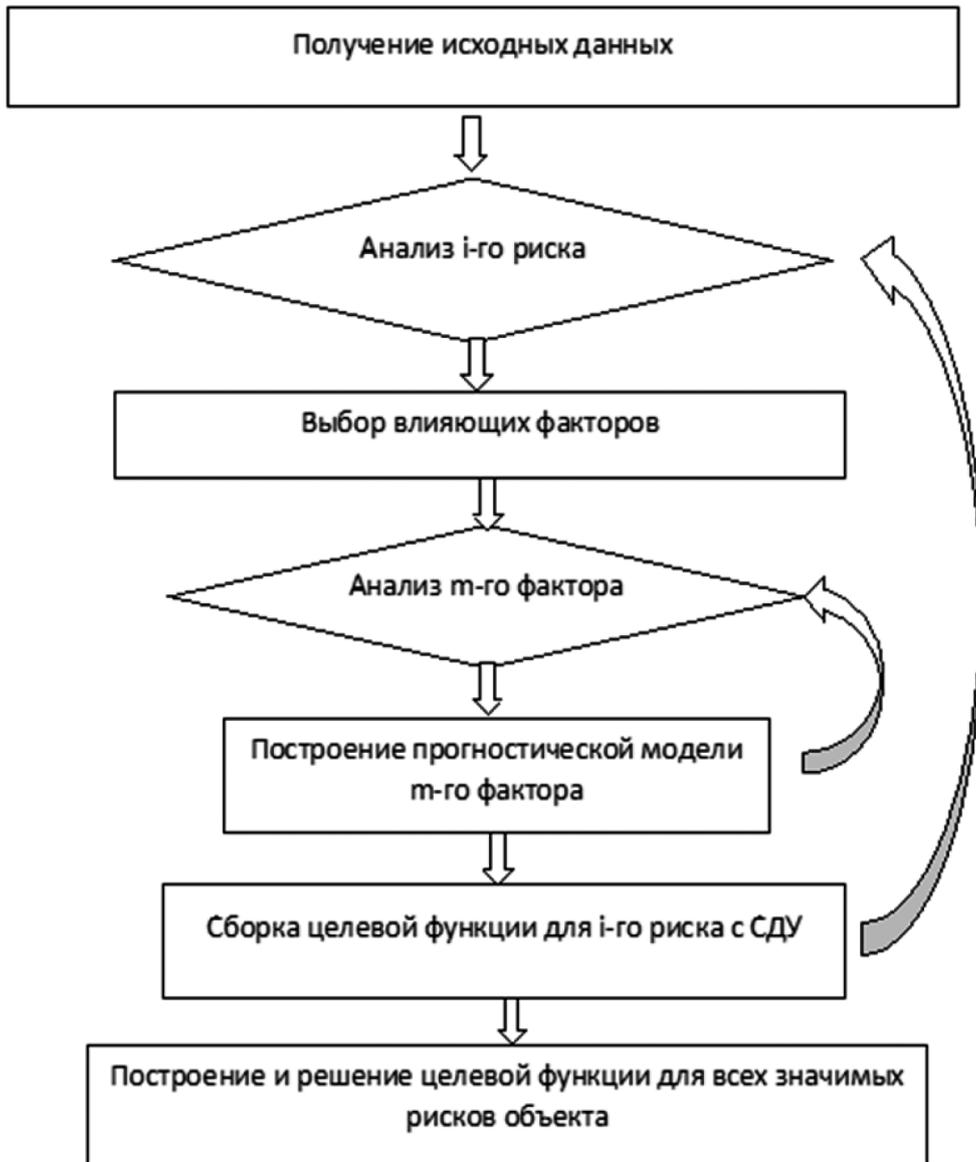
$$\int_0^t g(t, P(t, \omega)) dW(t, \omega) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \sum_{m=1}^N g(t, P(t, \omega)) (W(t_{m-1}, \omega) - W(t_m, \omega)) \Delta W_m, (7)$$

или решение Стратоновича,

$$\int_0^t g(t, P(t, \omega)) dW(t, \omega) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \sum_{m=1}^N g\left(t, P(t, \omega)\right) \frac{W(t_{m-1}, \omega) - W(t_m, \omega)}{2} \Delta W_m, (8)$$

которое ограничено в применении, требуя дифференцируемой зависимости g только от W , что редко можно доказать. Основное отличие этих интегралов в том, что первый для вычисления использует левую точку последовательности, а второй — середину отрезка [11,12].

Еще больше усложняет задачу то обстоятельство, что по большинству рисков мы не можем получить ре-



Источник: Составлено автором

Рис. 1. Схема построения целевой функции для всех рисков объекта

Таблица 1.

Модели изменения динамики риска

№	Динамика риска	Вид прогностических уравнений
1	Сложная динамика риска	$P(i, T) = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N \left(P(i, t-1, n) + \frac{\partial P(i, t, n)}{\partial t} \right)$
2	Линейная динамика риска	$P(i, T) = P(i, t-1, n) + C$
3	Сезонная динамика риска	$P(i, T) = A \cos(P(i, t-1, n) - \omega t + \varphi)$
4	Нарастающая динамика риска	$P(i, T) = P(i, t-1, n)^2 + P(i, t-1, n)$
5	Экспоненциальная динамика риска	$P(i, T) = \text{Log}_k P(i, t-1, n)$

Источник: Составлено автором

презентативную выборку, на основе которой могли бы рассчитать средние и прогностические характеристики. Вместе с тем, подстановка СДУ в анализируемую целевую функцию требует анализа возможной прогностической динамики каждого рассматриваемого риска. Решение полученного уравнения возможно численными методами, но перед этим необходимо определить влияющие факторы и спрогнозировать их вероятную динамику. Влияющий фактор, m , — тот, который способен изменить вероятность риска на существенную величину, например, более 10 %. Решение целевого уравнения представлено на Рисунке 1.

Нахождение целевой функции приводит к многокритериальной оптимизационной задаче [13]. Ее решение сильно усложняется наличием в модели не только конкретных математических параметров в (1), но и необходимость применения к ним «весов», характеризующих влияние особенностей объекта и КСБ в конкретных условиях. Они определяются в большинстве случаев с изрядной долей субъективности, с использованием статистических методов, методов теории игр или каскадного метода анализа иерархий (МАИ) [6]. Использование рассматриваемых методов нахождения целевой функции и прогнозирования динамики рисков в решении оптимизационной задачи рассматривались в [6, 7, 8].

Применение этой модели на практике показало, что динамика риска не всегда описывается дифференциальными уравнениями, каждый риск для каждого объекта надо рассматривать отдельно. Вместо дифференциальных можно использовать и другие виды уравнений, Таблица 1.

Таким образом возможно в некоторых случаях построить прогностическую матрицу рисков на определенный период, например, на год или пять лет. Это

позволит спланировать ряд мероприятий по будущей модернизации КСБ, готовясь к увеличениям вероятностей реализации рисков.

Заключение

В работе автором предлагается методика построения целевой функции пользователя КСБ объекта и прогноза динамики рисков на основе СДУ [6].

Опираясь на проведенный анализ, можно предложить следующие выводы:

1. Перед формулированием целевой функции проектировщика КСБ необходимо оценить динамику рисков и построить матрицу рисков;
2. Изменения вероятности риска — Марковский, Винеровский и, как правило, нелинейный процесс;
3. Динамика риска описывается различными математическими моделями, зависящими от природы риска, объекта и прогнозируемой динамики объекта.

Опираясь на проведенные исследования, можно привести следующие рекомендации:

1. При разработке модели КСБ уровень привлекаемых экспертов должен соответствовать ценностному уровню рассматриваемого объекта, опасности предполагаемых рисков и сложности модели противодействия;
2. При построении целевой функции пользователя КСБ необходимо учитывать не только текущие затраты, но и предполагаемые, опираясь на оценку динамики развития объекта, рисков и КСБ;

Рассмотренные методы нашли практическое применение при реализации моделей КСБ на 9 коммерческих объектах в Центральной России, на которые получены акты внедрения [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Emese Lazar, Xiaohan Xue. Forecasting risk measures using intraday data in a generalized autoregressive. *International Journal of Forecasting* 36 (2020) 1057–1072, journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijforecast (дата обращения: 15.06.2022).
2. Pankratova N D., Zrazhevskaya N G. Method of Dynamic VaR and CVaR Risk, Measures Forecasting for Long Range, Dependent Time Series on the Base of the Heteroscedastic Model. *Intelligent Control and Automation*, 2017, 8, 126–138 <http://www.scrip.org/journal/ica> (дата обращения: 15.06.2022).
3. Marc Hallin, Carlos Trucos. Forecasting Value-at-Risk and Expected Shortfall in Large Portfolios: a General Dynamic Factor Model Approach Project: Modeling and forecasting volatility of high dimensional financial series. Department of Mathematics and ECARES Universite libre de Bruxelles, Belgium December 2020 (дата обращения: 17.06.2022).
4. Лубенцов А.В. Системный анализ матрицы рисков как один из этапов создания комплексной системы безопасности объекта. Будущее науки -21, сборник научных статей 9-й международной молодежной научной конференции том 4, 21-22 04 2021 года 202–204с ISBN 978-5-9908274-9-5.
5. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. N 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (с изменениями и дополнениями) Приложение. Методика определения расчетных величин пожарного риска, <https://base.garant.ru/12169057/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 15.06.2021).
6. Лубенцов, А.В., Душкин А.В., Комплексные системы безопасности: системный анализ, архитектура, управление жизненным циклом», Воронеж: «Научная книга», 2022, 254с.
7. AV Lubentsov, IS Davydov, AS Dubrovin and LV Rossikhina, Assessment of losses when risks realization at an economic object. *Journal of Physics: Conference Series*. 17-19.12 2018 ВГУ. Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1203/1/012080>.
8. Барбаков О.М., Целевая функция в системе управления. *Вестник ЧелГУ*. 2014. №24 (353). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselevaya-funktsiya-v-sisteme-upravleniya> (дата обращения: 21.09.2022).
9. Леваков, А.А. Стохастические дифференциальные уравнения. Минск: БГУ, 2009. — 231 с. — ISBN 978-985-518-250-5, <http://fpmi.bsu.by/ImgFpmi/Cache/22163.pdf> (дата обращения: 18.06.2021).
10. Полтавский А.В., Характеристика случайного процесса в задачах компьютерного моделирования и анализа. *НиКСС*. 2021. №3 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-sluchaynogo-protsesta-v-zadachah-kompyuternogo-modelirovaniya-i-entropiynogo-analiza-sistem> (дата обращения: 21.09.2022).
11. Кузнецов Д.Ф. Некоторые вопросы теории численного решения стохастических дифференциальных уравнений Ито. (Монография) *Дифференциальные уравнения и процессы управления* N 1, 1998, *Электронный журнал*, рег. N П23275 от 07.03.97, <https://diffjournal.spbu.ru/pdf/j011.pdf> (дата обращения: 18.06.2021).
12. Валеев К.Г., Исследование устойчивости решений системы стохастических дифференциальных уравнений. *ДАН РТ*. 2009. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ustoychivosti-resheniy-sistemy-stohasticheskikh-differentsialnyh-uravneniy> (дата обращения: 21.09.2022).
13. Метод аппроксимационной матрицы формирования весов объектов в многокритериальных задачах выбора // В.П. Корнеев ВК. 2021. №1 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-approksimatsionnoy-matritsy-formirovaniya-vesov-obektov-v-mnogokriterialnyh-zadachah-vybora> (дата обращения: 05.02.2023).
14. Целевая функция. *Математическая энциклопедия*. — М.: Советская энциклопедия. 1977—1985. Автор: И.М. Виноградов. <https://rus-math.slovaronline.com/>

© Лубенцов Александр Витальевич (lubensov@mail.ru); Кобзистый Сергей Юрьевич (kobzuk@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГРУППОВЫХ СОБЕСЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ СТАРТАПА

Машина Екатерина Алексеевна

Преподаватель,

Национальный исследовательский университет ИТМО

(г. Санкт-Петербург)

mashina.katherina@niuitmo.ru

**USAGE OF SPEECH RECOGNITION
TECHNOLOGIES DURING GROUP
INTERVIEWS TO IMPROVE THE WORK
OF THE PERSONNEL MANAGEMENT
SERVICE OF A STARTUP**

E. Mashina

Summary. One of the most significant tasks solved by the developing startup is to build an effective system for attracting the necessary specialists to the company.

The article describes the results of an analytical review of methods to improve the efficiency of procedures for the selection of highly qualified employees in such companies and also lists the arguments that allow us to consider group interviews the most effective way to evaluate candidates for vacancies in developing startups. At the same time, it is shown that the use of automatic transcription of the results of group interviews makes it possible to significantly expand the possibilities of candidate evaluation procedures by further applying methods of semantic text analysis.

The following scientific methods were used during the study: collection and analysis of information, systematization of data, visualization of results, logical conclusions, comparison.

Keywords: startup, recruitment, group interviews, speech recognition, speaker identification, acoustic model, semantic text analysis, natural language processing, self-organizing maps.

Аннотация. Одной из наиболее существенных задач, решаемых развивающимся стартапом, является построение эффективной системы привлечения в компанию необходимых специалистов.

В статье описаны результаты проведенного аналитического обзора методов, позволяющих повысить эффективность процедур подбора высококвалифицированных работников в подобные компании, а также перечислены доводы, позволяющие считать групповые собеседования наиболее эффективным способом оценки кандидатов на вакансии в развивающиеся стартапы. При этом показано, что использование автоматического транскрибирования результатов групповых собеседований позволяет существенно расширить возможности процедур оценки кандидатов путем дальнейшего применения методов семантического анализа текстов.

В ходе исследования были использованы следующие научные методы: сбор и анализ информации, систематизация данных, визуализация результатов, логические заключения, сравнение.

Ключевые слова: стартап, рекрутмент, групповые собеседования, распознавание речи, идентификация диктора, акустическая модель, семантический анализ текста, обработка естественного языка, самоорганизующиеся карты Коханена.

Введение

Одним из наиболее эффективных драйверов глобального инновационного развития являются стартапы. В этой связи поддержка развития стартапов повсеместно является предметом постоянного внимания и разнообразной поддержки [1]. Однако, несмотря на все меры содействия, по разным оценкам более 90 % таких предприятий прекращают свое существование в первые два года своего существования [2].

Большинство исследователей закономерностей развития стартапов считают, что подобный результат первых шагов развития подобных предприятий вполне закономерен и кроется в принципиальных особенностях, отличающей такой проект от классического динамически развивающегося предприятия [3]. Поскольку стартап a-prioratus представляет собой недавно созданную

компанию, обладающую инновационной разработкой в основе которой лежит амбициозная идея, функционирующую в условиях повышенной неопределённости и не имеющую собственного существенного капитала и опыта, то такой компании параллельно приходится решать две основных задачи: продолжать развивать инновационные идеи своего проекта, превращая его в представленный на рынке и доступный потребителю конкретный продукт или сервис, и создавать организационную структуру своей компании, трансформируя ее из узкого коллектива хорошо знакомых друг другу единомышленников в большой производственный коллектив, решающий широкий спектр специализированных задач.

Поэтому создание эффективной системы рекрутмента является одной из основных задач первых этапов развития стартапа, успешное решение которой позволит

ему преодолеть «долину смерти» первых двух лет развития. При этом следует иметь в виду, что естественными препятствиями, усложняющими процесс создания подобной системы, являются существенная уникальность реализуемого проекта и общая неопределенность внутреннего и внешнего окружения стартапа, не позволяющая использовать большую часть существовавших ранее шаблонов построения подобных структур, а также ограниченность ресурсов компании, не дающая возможность расходовать чрезмерные финансовые и временные ресурсы на подбор персонала.

В связи с этим, актуальным и востребованным представляется решение задачи автоматизации процессов принятия обоснованных решений при осуществлении процессов рекрутмента. Целью настоящего материала является проведение сравнительного анализа путей использования существующих технологий выбора наилучших кандидатов на открывающиеся вакансии стартапа в части применения механизмов распознавания речи в составе специализированных решений, предназначенных для всесторонней оценки возможностей нанимаемых специалистов.

Особенности процедур рекрутмента инновационного предприятия

В общем случае рекрутмент персонала представляет собой специализированную деятельность, целью которой является поиск, оценка, подбор и привлечение наиболее подходящих специалистов на вакантные позиции в компании. Подобная деятельность, осуществляемая как специалистами hr-подразделений стартапа, непосредственно руководителями, заинтересованными в привлечении новых специалистов в свои рабочие группы или внешними организациями, специализирующимися

на подборе кадров, может быть, обобщенно может быть обобщенно описана в виде представленной на рис. 1 схемы.

Значительная часть перечисленных процедур хорошо формализована, описана и реализована в большом количестве информационных решений, входящих в состав единых информационных систем управления предприятием. Однако, практически все предприятия при проведении процедур рекрутмента сталкиваются со сложностями в оценке конкретных возможностей кандидата в будущем выполнять поставленные перед ним задачи. Для этих целей в настоящее время разработано большое количество измерительных, описательных и сравнительных методов количественной, качественной и комбинированной предварительной оценки производственного потенциала работников.

Однако большая их часть подобных методик оказывается хорошо применима только к работникам «массовых специальностей», основные черты профессионального профиля которых могут быть описаны квалификационными документами, подтверждающими прохождение необходимого обучения и успешного выполнения необходимых квалификационных проверок, а так же специалистов очень высокой квалификации, чей профессиональный уровень может быть определен путем семантического анализа большого количества текстов порожденных ими научных работ методами обработки естественного языка [4]. При этом существенная часть представленных выше методов оценки кандидата на вакансию без существенных доработок оказывается слабо применима к процессу набора персонала стартапа в виду того, что инновационный характер производственной деятельности сотрудников такой компании обладает значительными особенностями, в том числе:



Рис. 1. Обобщенная схема рекрутмента

- работа существенной части рекрутируемых специалистов стартапа будет осуществляться в еще только формирующихся областях науки и технологий; поэтому кандидат на вакансию в большинстве случаев может предъявить квалификационные документы, подтверждающие его профессиональные компетенции, касающиеся лишь смежных отраслей деятельности, в связи с чем выбор подходящего по профессиональному потенциалу сотрудника трудно провести исходя из анализа подобных документов, а коллекция порождаемых кандидатом текстов (по которой возможно провести оценку его профессиональных навыков [5]) также может оказаться в рассматриваемой области сильно ограниченной по объему,
- для осуществления успешной производственной деятельности в инновационном стартапе работнику требуются навыки, овладение которыми вообще достаточно сложно подтверждается сертифицирующими и квалификационными документами и, по большей части, не находит отражение в порождаемых специалистом текстах; к таким качествам относятся склонность к самообучению, креативность, умение работать в малых рабочих группах; а в практике рекрутинга подобные качества специалиста выявляются по большей части, путем проведения серий узкоспециализированных тестирований и интервью [6].

В этой связи основной объем работы по оценке и отбору персонала в стартапы начинает приходиться на личные собеседования с кандидатами на вакансии.

Поскольку развивающиеся стартапы, как никакие другие организации, стремятся привлекать наиболее квалифицированных специалистов, они готовы предлагать им уровень зарплат «существенно выше рынка». Это приводит к тому, что 400–500 кандидатов на вакансию в динамично развивающийся стартап считается нормой [7]. При этом на начальных этапах своего развития подобная компания вынуждена проводить системный и непрерывный набор все новых работников, необходимый для достижения целей компании [8]. Это приводит к тому, что hr-подразделения стартапов начинают работать в условиях перманентного «информационного взрыва» [9], с одной стороны потребляя все большие ресурсы для своей работы, а с другой — не имея возможности в полной мере оценить все кандидатуры соискателей вакансий [7].

Проведения групповых собеседований для оценки потенциала специалистов

При отсутствии реальных возможностей проведения эффективного предварительного отбора наиболее подходящих кандидатов на замещение вакантных должностей

по пакетам предоставленных ими документов, динамично развивающиеся компании в настоящее время все чаще начинают использовать такие формы проведения личных интервью с кандидатами, как групповые собеседования.

Суть групповых собеседований состоит в быстром выявлении необходимого количества сотрудников, обладающих нужной предприятию квалификацией, которые наиболее подготовлены к началу работы на новом месте с минимальной дополнительной подготовкой [10]. Подобные групповые собеседования с кандидатами на вакансию наиболее эффективны в случаях, когда:

- на одно вакантное рабочее место имеется большое количество предварительно не оцененных претендентов,
- необходимо осуществить подбор большого количества специалистов для выполнения схожих работ (в том числе при формировании новых подразделений компании),
- требуется провести процесс выбора кандидатов в сжатые сроки,
- необходимо оценить способности претендентов к специализированному межличностному взаимодействию.

Групповое собеседование в большинстве случаев проводится группой интервьюеров (3–5 человек), в состав которой входят специалисты hr-департаментов, профессиональные психологи и квалифицированные представители структурных подразделений организации, заинтересованные в привлечении новых сотрудников. На подобные мероприятия обычно приглашают 15–20 кандидатов, претендующих на вакансию, рассчитывая на то, что на групповом собеседовании предстоит выделить 3–4 наиболее подходящих соискателей для дальнейшего более подробного рассмотрения их кандидатур. Как правило, подобное мероприятие состоит из нескольких типовых блоков: представление вакансии, ответы на вопросы, самопрезентации кандидатов, серия коллективных деловых игр и специализированных тестирований с последующим подведением итогов.

Описанная форма проведения собеседований позволяет не только выбрать наиболее подходящих сотрудников, но и проинформировать большое количество потенциальных работников об основных принципах и идеях, лежащих в основе функционирования развивающегося стартапа, что, как правило, оказывает дополнительное положительное влияние на имидж компании на рынке труда

Существенными преимуществами групповых отборов кандидатов являются:

- возможность протестировать кандидата в конкурентной среде,

- возможность протестировать умение взаимодействовать с другими участниками процесса,
- возможность выявить лидерские качества,
- возможность существенно сократить время на выбор группы наиболее достойных кандидатов.

Использование в процессе группового собеседования технологий геймификации позволяет не только существенно «раскрепостить соискателей», но и дает возможность наиболее естественным образом подвести испытуемых к решению «нестандартных задач», необходимых для выявления уровня дивергентного мышления с целью определения креативных возможностей кандидата на вакансию [11]. Следует учитывать, что геймификация процедур группового собеседования позволяет также существенно видоизменить форму проведения процедур традиционного тестирования, которое для высококвалифицированных работников не особо подходит, поскольку большая часть таких специалистов (обоснованно считая свои компетенции уникальными) отрицательно относятся к тестированию [6], полагая, что специалисты hr-подразделений не в состоянии правильно оценить их возможности, что часто приводит к получению смещенных субъективных оценок инновационного потенциала подобных специалистов.

Поскольку при большом количестве испытуемых и активно проходящей в форме деловой игры дискуссии интервьюерам оказывается достаточно трудно в режиме on-line отслеживать не только поведенческие реакции кандидатов, но и существенную часть их ответов, возникает необходимость дополнительной фиксации процесса проведения подобного собеседования для дальнейшего его анализа и разработки для этого специализированных программных решений [12].

Использование технологий обработки речи для обработки результатов групповых собеседований

Одними из действенных механизмов, позволяющих автоматизировать анализ результатов фиксации процесса проведения групповых собеседований являются технологии распознавания речи. Решение задачи распознавания речи сводится к восстановлению по зафиксированному акустическому сигналу слов, принадлежа-

щих к тому или иному естественному языку. Подобная задача может быть решена путем создания набора эталонных звуковых образов слов из используемого словаря с последующим их сравнением с эталонами. В общем случае задача распознавания речи может рассматриваться как частный случай задачи распознавания образов [13], схема решения которой с помощью подходов, основанных на обучении, представлена на рис. 2.

Конечной целью процесса распознавания речи является генерация оптимальной последовательности слов в символьном представлении, наиболее точно представляющих собой входной акустический сигнал с учетом лингвистических ограничений языка. Технологический пайп-лайн подобного процесса состоит из следующих этапов:

- выделение инвариантного от внешних условий полезного сигнала и шумоочистка (в том числе с использованием методов линейного предсказания),
- преобразование выделенного полезного сигнала в набор акустических параметров,
- преобразование акустической формы выделенного сигнала к создаваемому алфавиту эталонных элементов, соответствующих типовым частям фонем рассматриваемого естественного языка,
- распознавание последовательности фонем с последующим преобразованием их в соответствующий текст; при этом для создания наиболее точного представления представляется необходимым рассматривать все сочетания рассматриваемой фонемы с предшествующим и последующим звуками.

На этапе обучения параметры создаваемых моделей представления оцениваются при помощи большого числа образцов, представляющих собой данные обучения, которые на этапе тестирования сопоставляются с обученной моделью. При этом процесс распознавания речи, фактически, производится одновременно в акустической и символьной областях.

На сегодняшний день реализовано большое количество программных решений, позволяющих использовать технологии распознавания речи во время собеседований. Получаемый при этом фактический перевод

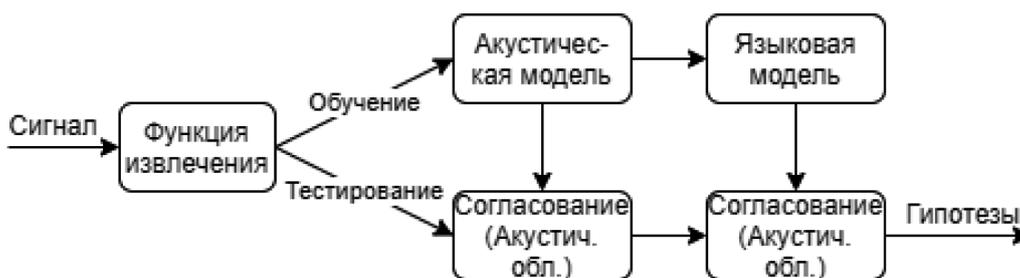


Рис. 2. Типовая схема распознавания речи

результатов собеседования в текстовую форму позволяет осуществлять дальнейший анализ информационных массивов, связанных с кандидатом на вакансию методами обработки естественного языка [14], позволяющими осуществить выявление конкретных компетенций специалиста на основании использования им в порождаемых текстах тех или иных специализированных терминов [5].

Персонализация участников групповых собеседований при обработке речи

На первых этапах развития речевых технологий основным направлением работ, определившим и критерии качества проводимых процедур, было распознавание устной телефонной речи [15], решение которой представляло достаточно трудную задачу, поскольку подобная речь в большей части спонтанна, что приводит к высокой вариативности утверждений и использованию в них элементов скрытого (известного говорящим, но не связанного с содержанием разговора) контента.

Использование при распознавании речи методов глубокого обучения, применяемых для акустического моделирования позволило снизить уровень ошибок при автоматизированном транскрибировании телефонного диалога до уровней, соответствующих профессиональным стенографистам. Подобному технологическому прорыву в большей части способствовала информационная избыточность человеческой речи, а также известные предварительно известные акустические модели дикторов, участвующих в разговоре, и их четкое пространственное разделение.

В связи с тем, что ключевым отличием обработки результатов коллективного собеседования от транскрибирования телефонного разговора является многочисленность участников мероприятия, неопределенность их положений относительно воспринимающих устройств и необходимость учета дополнительного просодического контекста, характерного именно для коллективной дискуссии, распознавание результатов такого интервью предполагает необходимость решения задачи идентификации диктора, представляющей собой процесс опре-

деления принадлежности тех или иных речевых данных конкретному участнику разговора.

Исходя из того, что обязательной частью группового собеседования является самопредставление участников, можно считать, что для проведения дальнейших работ по распознаванию дикторов имеются данные, характеризующие акустические характеристики участников дискуссии. Поэтому дальнейшая идентификация сводится к принятию решений, о том, кому из закрытого множества участников группового собеседования принадлежит тот или иной фрагмент фонограммы (рис. 3).

В общем случае решение подобной задачи может быть сведено к кластеризации массива исходных данных с учетом набора критериев, характеризующих речевой сигнал конкретного диктора, эффективным методом решения которой является применение самоорганизующихся карты (Self-organizing map — SOM), представляющих собой соревновательные нейронные сети с обучением без учителя, выполняющие задачу визуализации и кластеризации, предложенные Т. Коханеном. Приведенные в работе результаты исследований позволяют говорить о высокой эффективности применения различных модификаций SOM-технологии для идентификации говорящего, в том числе в решениях, предназначенных для автоматизации процесса идентификации диктора при анализе результатов групповых собеседований.

Заключение

В результате проведенного аналитического обзора можно сделать следующие выводы, существенные для проведения дальнейших работ по совершенствованию систем рекрутинга стартапов:

- эффективной формой работы по оценке квалификационного потенциала работников, привлекаемых в развивающийся стартап, являются групповые собеседования,
- автоматическое транскрибирование результатов групповых собеседований позволяет существенно расширить возможности процедур оценки кандидатов путем дальнейшего применения методов семантического анализа.

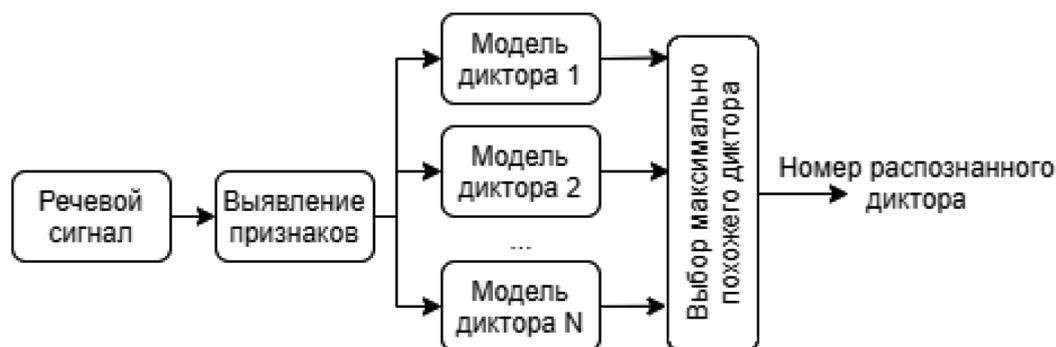


Рис. 3. Схема распознавания диктора на закрытом множестве

ЛИТЕРАТУРА

1. Тускаева М.Р., Тускаев Т.Р., Текоева Е.Р. Зарубежный опыт поддержки малого и среднего бизнеса // *Аудиторские ведомости*. 2021. № 4. — С. 186–189.
2. Раева И.В. Стартап: понятие, особенности, методы оценки // *Финансы, денежное обращение и кредит*. 2021. №6. — С.45–55.
3. Сатаев П.А., Соловейчик К.А. Стартапы в экономике: понятие, сущность и характеристики // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2021. Т.14, №5. — С. 92–110.
4. Балакшин П.В., Машина Е.А. Формализация неявных знаний на основе образовательных компетенций и фоновых знаний // *Онтология проектирования*. 2022. Т. 12. № 4(46). — С. 481–494.
5. Машина Е.А., Балакшин П.В. Генерация ситуационных контентов при организации управления предприятием в нештатной ситуации // *Организатор производства*. 2023. Т. 31. № 1. — С. 85–101.
6. Ковельский В.В. Инструментарий анализа предрасположенности к инновационной деятельности в современных университетах // *Вестник НГИЭИ*. 2020. № 1 (104). — С. 78–86.
7. Коркина Т.А., Зотова Е.Н. Зарубежный и отечественный опыт подбора персонала // *Общество, экономика, управление*. 2021. Том 6. № 4. — С. 58–63.
8. Шахраева А.Е. Проблема оценки результатов и эффективности труда персонала в инновационном процессе промышленного предприятия: терминологические аспекты исследования // *Инженерный вестник Дона*. 2012. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/893.
9. Hilbert M. How to Measure «How Much Information»? Theoretical, Methodological, and Statistical Challenges for the Social Sciences // *International Journal of Communication*. 2012. vol. 6. — pp. 1042–1055.
10. Yulianti, T., Sulistyawati, A. Online Focus Group Discussion (OFGD) Model Design in Learning // *Proceedings of the 2nd International Conference on Progressive Education. ICOPE 2020. 16-17 October 2020*. 2021. — pp. 226–232.
11. Plucker J.A., Esping A., Kaufman J.C., Avitia M.J. Creativity and intelligence // *Handbook of intelligence: Evolutionary theory, historical perspective, and current concepts*. 2015. — pp. 283–291.
12. Машина Е.А., Барсуков И.В., Наумова Н.А., Бострикова Д.К. Создание унифицированных механизмов автоматизированного тестирования приложений для мобильных устройств // *Инженерный вестник Дона*. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8409.
13. Rabiner L.R. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition // *Proc. IEEE*. 2015. vol. 77. — pp. 257–286.
14. Stolcke A., Droppo. J. Comparing Human and Machine Errors in Conversational Speech Transcription. // *Interspeech*. 2017. — pp. 137–141.
15. Lippmann R.P. Speech recognition by machines and humans // *Speech Communication*. 1997. Vol. 22(1). — pp. 1–15.

© Машина Екатерина Алексеевна (mashina.katherina@niuitmo.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЯВЛЕНИЙ ЗОН СКЛАДЧАТОСТИ ГИБКИХ ПЛЁНОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НАПРЯЖЁННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

PREDICTION OF THE APPEARANCE OF ROLLING ZONES OF FLEXIBLE STRUCTURES ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE

**M. Nikiforov
A. Bautov**

Summary. The trends in the development of astronautics are such that the spacecraft of the future will require a much larger amount of energy and, accordingly, the efficiency of energy systems should become an order of magnitude higher. Solar panels based on traditional frame structures have a significant drawback — low specific power (the ratio of the generated power to the total mass of the solar battery structure), therefore, with an increase in energy consumption, the mass of the structure rapidly increases, which has a tangible limit. In this regard, the creation of an alternative design of solar panels is required. One of these is solar panels based on frameless thin-film structures formed by centrifugal forces. The design of these structures has a number of features and special limitations that must be taken into account at each design stage. Particular attention is drawn to the formation of wrinkle zones on the flexible surface during the operation of the structure. This effect must be minimized at the structural level, since the appearance of folding zones negatively affects the state of photoelectric converters and switching circuits. A technique for predicting the appearance of wrinkle formation zones is described using the example of a designed flexible solar battery. The analysis of the stress-strain state of the structure was carried out and, based on its results, a design solution was adopted that minimizes negative factors.

Keywords: stress-strain analysis, flexible solar panels, frameless structures.

Никифоров Михаил Михайлович

МГТУ им. Н.Э. Баумана

mikhailnikiforov@yandex.ru

Баутов Андрей Николаевич

Кандидат технических наук,

глава отдела АО «ЦНИИмаш»

BautovAN@tsniimash.ru

Аннотация. Тенденции развития космонавтики таковы, что космическим аппаратам будущего потребуется значительно большее количество энергии и соответственно эффективность энергосистем должна стать на порядок выше. Солнечные батареи на основе традиционных каркасных конструкций обладают существенным недостатком — малая удельная мощность (отношение вырабатываемой мощности к общей массе конструкции солнечной батареи), поэтому с ростом потребляемой энергии стремительно увеличивается и масса конструкции, которая имеет ощутимый предел. В связи с этим требуется создание альтернативной конструкции солнечных батарей. Одной из таких является солнечные батареи на основе бескаркасных тонкоплёночных конструкций, формируемых центробежными силами. Проектирование данных конструкций имеет ряд особенности и особых ограничений, которые необходимо учитывать на каждом этапе проектирования. Особое внимание вызывает образование зон складок на гибкой поверхности во время функционирования конструкции. Этот эффект необходимо минимизировать на конструкционном уровне, так как появление зон складчатости негативно влияет на состояние фотоэлектрических преобразователей и схемы коммутации. Описана методика прогнозирования появления зон образования складок на примере проектируемой гибкой солнечной батареи. Проведён анализ напряженно деформируемого состояния конструкции и по его результатам приняты конструкционные решение, минимизирующее негативные факторы.

Ключевые слова: анализ напряженно деформируемого состояния, гибкие солнечные батареи, бескаркасные конструкции.

По мере развития космонавтики космическим аппаратам требуется всё больше и больше энергии, при этом имеется значительное ограничение по весу и габаритам конструкции. Традиционные солнечные батареи на сегодняшний день удовлетворяют энергетическим требованиям, но через несколько лет мощности будет не хватать. Одной из альтернатив традиционной конструкции являются солнечные батареи на основе бескаркасных тонкоплёночных конструкций, формируемых центробежными силами. Они обладают следующими весомыми преимуществами (малое отношение массы к рабочей площади поверхности, малый коэффициент укладки, автоматическое контролируемое

раскрытие) [1]. Однако данная система имеет весомые особенности, которые необходимо учитывать на всех этапах её создания. Упруго пластичная деформация под воздействием постоянных механических нагрузок и факторов космического пространства, превышение допустимых напряжений, появление зон складок и прочее [1, 4, 5]. Для создания эффективной конструкции все эти факторы необходимо просчитать на этапе проектирования и вносить правки исходя из этого. Комплексным инструментом предварительной оценки всех вышеперечисленных явлений является анализ напряженно деформированного состояния конструкции.

В качестве рассматриваемой конструкции используем прототип гибкой солнечной батареи, формируемой центробежными силами для космического аппарата IKAROS. Для плёночных солнечных батарей принципиально важно качество поверхности полотна. Так как конструкция в целом является сочетанием материалов с очень разными свойствами, сильно растягивающийся гибкий полиамид с низким модулем упругости и полупроводниковый аморфный кремний с высоким модулем упругости. Такая конструкционная пара может нормально функционировать только в двухосном напряжённо деформируемом состоянии. В противном случае может произойти растрескивание или отслоение полупроводника. Именно поэтому важно спрогнозировать появление зон с одноосным напряжённым состоянием, потому что именно там возникнут складки полотна [2, 3].

Исходя из предварительного массогабаритного расчёта и сравнительного анализа материалов, используемых в ракетно-космической технике, были сформированы начальные данные: полотно, толщиной 0.001 м, состоящее из четырёх одинаковых трапеций, скреплённых по боковым сторонам, вращается вокруг оси OZ с постоянной угловой скоростью 0.4 рад/сек. Материал полотна — полиамид, модуль упругости $E = 3.14 \times 10^9$ Па; коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$; плотность $\rho = 1400$ кг/м³. Допустимое напряжение материала при долговременном растяжении $\sigma = 35 \times 10^6$ Па. Конечно, элементная модель создана в программном комплексе Patran, а расчёт проведён в постпроцессоре Nastran. Основные задачи расчёта — это исследование напряжённо деформированного состояния полиамидного полотна на предмет возможного образования зон складчатости.

По входным геометрическим параметрам балы построена модель, представленная на рисунке 1.

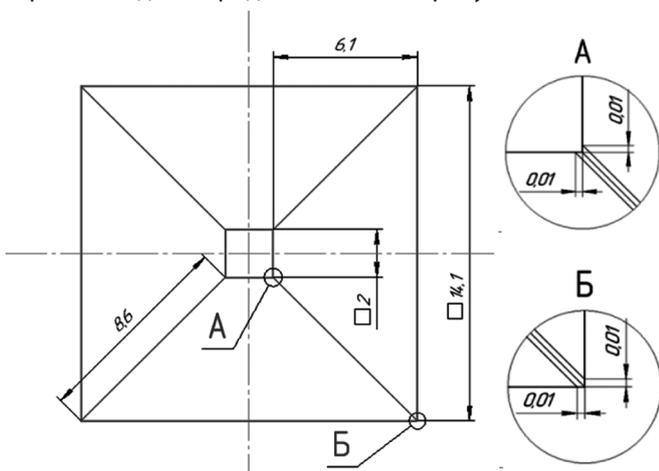


Рис. 1. Геометрическая модель

Для прогнозирования зон возникновения волн рассмотрим три варианта скрепления трапеций: по внешней кромке, в нескольких узлах боковых сторон и единое

полотно. Qard4 — конечный элемент, который использовался при расчётах. В реальной модели мы имеем дело с плёнкой, которая не воспринимает напряжений сжатия, поэтому отрицательные главные напряжения свидетельствуют о существовании зон сжатия, следовательно, в реальной модели материал в этих местах будет изгибаться и складываться [6].

В результате расчётных экспериментов были получены максимальные и минимальные главные напряжения для трёх вариантов скрепления и представлены в виде цветового градиента на деформированных моделях Рис. 2, 3, 4. Зоны, где наблюдаются отрицательные или нулевые минимальные главные напряжения, являются зонами одноосного напряжённого состояния. Для гибкого полотна, которое не воспринимает сжатие, это означает, что в этих зонах образуются складки [7].

Экспериментальным подтверждением этой теории является проект Знамя. Реализованная в эксперименте «разрезная» конструкция пленочного полотнища, сектора которой были соединены по внешнему контуру (первый случай), обладала одним существенным недостатком — отсутствие растягивающих тангенциальных напряжений, приводивших к продольной волнистости пленочной поверхности каждого сектора. Есть фотографии развёрнутого на орбите Знамени, на которых чётко видны зоны складок рис. 5. Если сопоставить эти фотографии и результаты расчётного эксперимента для первого случая, мы увидим подтверждение выдвинутой теории. Зоны на графиках и зоны на снимках совпадают.

Устранение волнистости поверхности пленочной СБ принципиально решается путем создания тангенциальных напряжений на ее поверхности (при наличии радиальных напряжений от центробежных сил), для чего необходимо чтобы поверхность находилась в двухосном напряженно деформированном состоянии, которое может быть обеспечено сплошной поверхностью СБ, т.е. отсутствием радиальных секторных разрезов на ее поверхности. В третьем расчётном случае был реализован вариант цельного полотна и из расчётов видно, что тангенциальные и радиальные напряжения на всей площади полотна неотрицательны и соответствуют друг другу по модулю. Это означает, что на всей площади полотна создано двухосное растяжение, а значит волны и складки отсутствуют.

Таким образом цельное полотно обеспечивает близкие по модулю радиальные и тангенциальные напряжения. При этом наиболее эффективным образом используется рабочая поверхность солнечной батареи. Конструкция позволяет использовать хорошо известные методы расчёта и прошла экспериментальную отработку. Так что это наиболее оптимальный вариант.

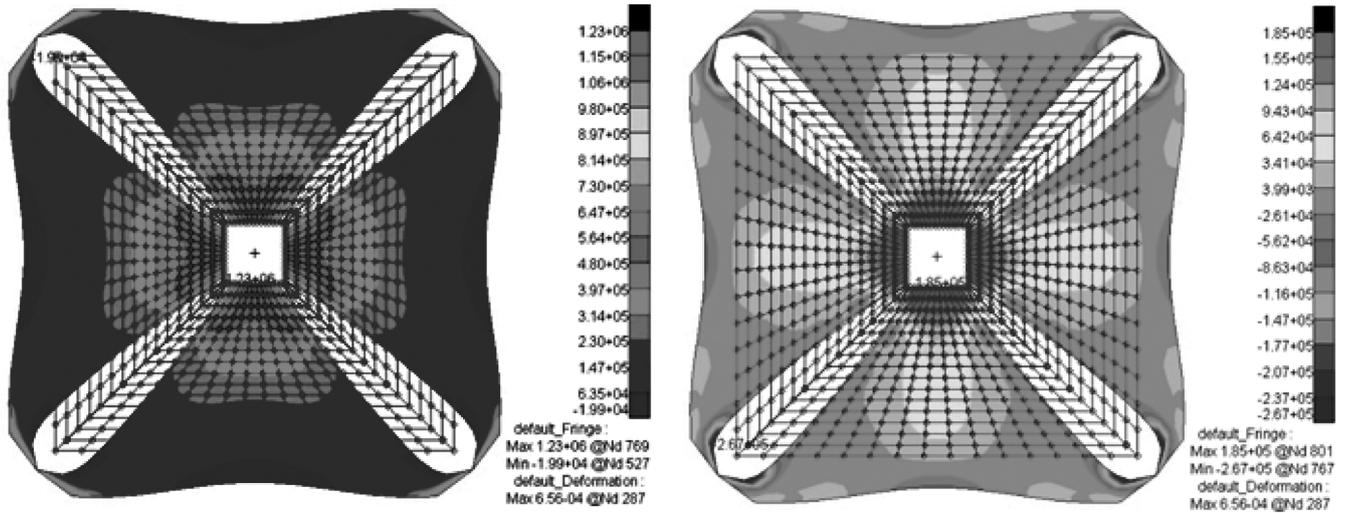


Рис. 2. Крепление по внешней кромке

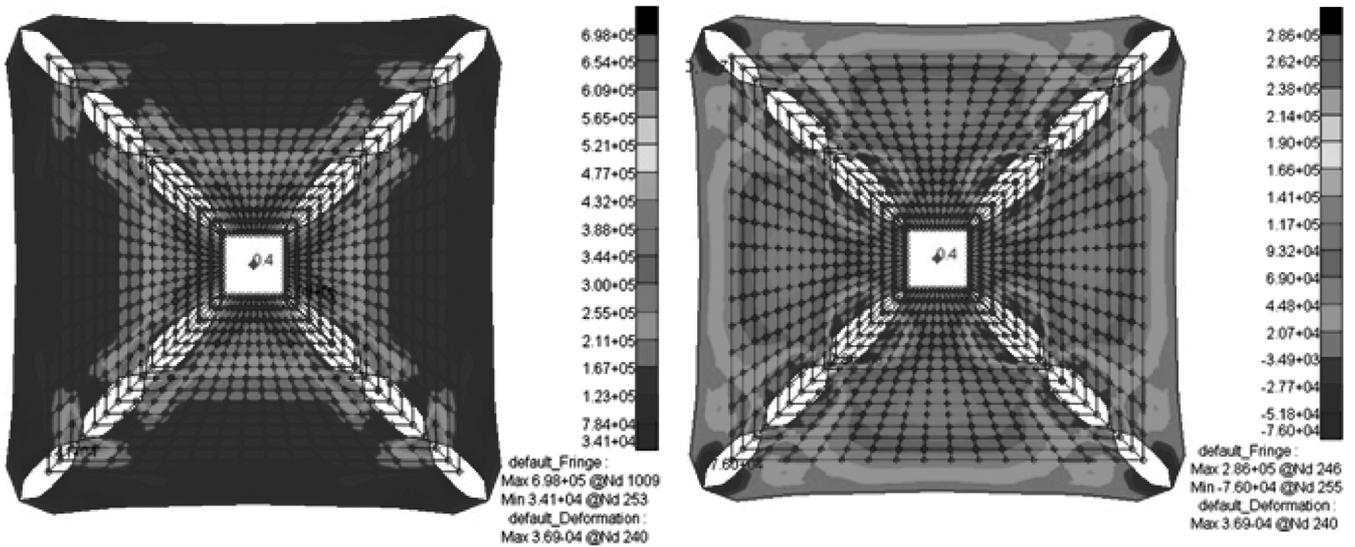


Рис. 3. Крепление в нескольких узлах

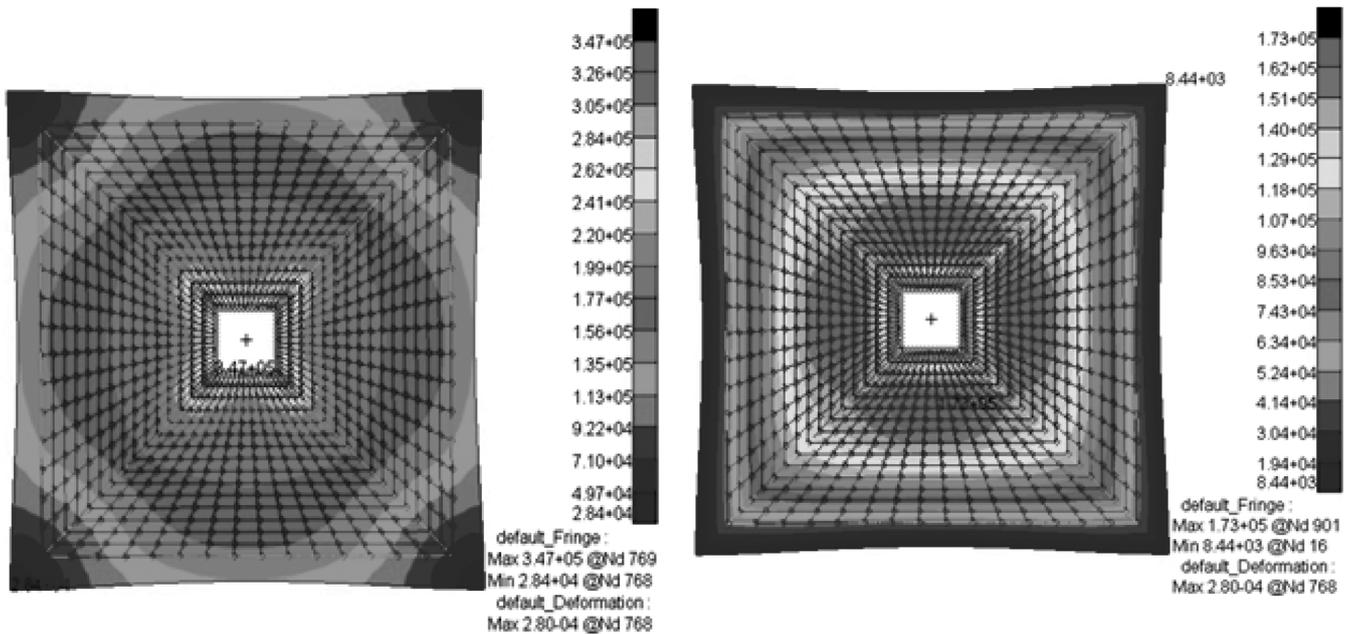


Рис. 4. Сплошное крепление

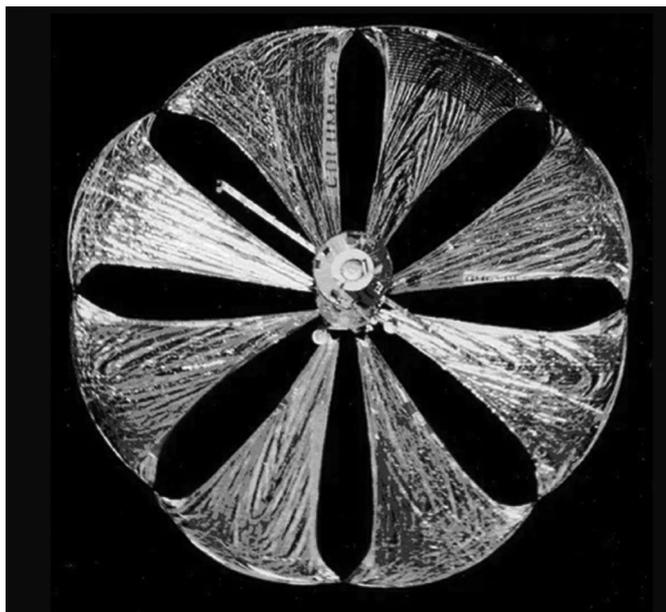


Рис. 5. Проект «Знамя-2»

Представленная методика определения зон складчатости позволяет определить появление нежелательных эффектов на конструкционном уровне по средствам моделирования и расчёта напряженно деформируемого состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М., Харлов Б.Н. Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 448 с.
2. Ванке В.А., Комков В.А., Лукьянов А.В. Космические энергосистемы. — М.: Машиностроение, 1990. — 144 с.
3. Афанасьев В.П., Теруков Е.И., Шерченков А.А. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. — 2-е изд. — СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. — 168 с.
4. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Сысоев В.К., Мельников В.М. Космические солнечные электростанции — проблемы и перспективы: монография. — М.: РУДН, 2017. — 282 с.
5. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов. — 17-е изд., испр. — М.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 542 с.
6. Пересыпкин К.В. Моделирование конструкций ракетно-космической техники методом конечных элементов в среде MSC.Nastran с использованием твердотельного моделирования SolidWorks: учебное пособие — Самара: Издательство Самар. гос. аэрокос. ун-та, 2006. — 214 с.
7. Галанин М.П., Савенков Е.Б. Методы численного анализа математических моделей. — М.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 591 с.

© Никифоров Михаил Михайлович (mixailnikiforov@yandex.ru); Баутов Андрей Николаевич (BautovAN@tsniimash.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГРУНТА, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ИЗБЫТОЧНЫЕ ОСТАТОЧНЫЕ ПОРОВЫЕ ДАВЛЕНИЯ

Салтанова Татьяна Викторовна

Доцент, Тюменский государственный университет
tsaltanova@mail.ru

IMPLEMENTATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD FOR A KINEMATIC SOIL MODEL DESCRIBING EXCESSIVE RESIDUAL PORE PRESSURES

T. Saltanova

Summary. The paper uses a new model of the stress-strain state of a two-phase body (soil skeleton + pore water) in a stabilized state, independent of time. A modification of the finite element method was developed for it, and the results of numerical simulation were shown on a Flaman-type problem. The results of numerical calculations are compared with the analytical solution.

Keywords: modeling of a two-phase water-saturated base, excess residual pore pressures, Lamé-type equations, finite element method.

Аннотация. В работе использована новая модель напряжённо-деформированного состояния двухфазного тела (скелет грунта + поровая вода) в стабилизированном состоянии, независимом от времени. Для неё разработана модификация метода конечных элементов и на задаче типа Фламана показаны результаты численного моделирования. Результаты численных расчётов сопоставлены с аналитическим решением.

Ключевые слова: моделирование двухфазного водонасыщенного основания, избыточные остаточные поровые давления, уравнения типа Ламе, метод конечных элементов.

Рассмотрим модель напряжённо-деформированного состояния двухфазного тела (скелет грунта + поровая вода) в стабилизированном состоянии, независимом от времени, представляющую собой систему дифференциальных уравнений, относительно вектора перемещений частиц твёрдой фазы $\mathbf{u} = (u_1; u_2)$ [1]:

$$-\left(\left((G + \lambda) \frac{\partial \theta}{\partial x_i} + GAu_i + b_i \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} + c_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \right) = F_i, \quad (1)$$

$$i = 1, 2,$$

$$G = \frac{E_s}{2(1 + \nu)}, \quad \lambda = \frac{E_s \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)},$$

$$b_i = \frac{E_{li}}{\aleph_i^2}, \quad c_i = \frac{E_{li}}{\aleph_i h_i}, \quad \theta = \text{div } \mathbf{u}$$

с неоднородными смешанными граничными условиями

$$\mathbf{u}|_{S_1} = 0, \quad \mathbf{t}^{(v)}|_{S_2} = \mathbf{Q}.$$

В отличие от уравнений Ламе каждое уравнение системы (1) содержит дополнительные слагаемые в виде производных второго и первого порядков, отражающие влияние жидкой фазы на твёрдую.

Положительные коэффициенты G , λ , b_i , c_i отражают механические свойства среды. ν , E_s , E_{li} — механические характеристики твёрдой (индекс s) и жидкой (индекс l) фаз. \aleph_i — безразмерная величина ($0 < \aleph_i < 1$), показывающая долю перемещения твёрдой частицы от соответствующего перемещения жидкой частицы. h_i —

геометрические характеристики сжимаемой толщи, $\mathbf{t}^{(v)}$ — оператор, позволяющий записать напряжения через узловые перемещения. $\mathbf{Q} = (Q_1; Q_2)$ — заданный вектор внешних сил, приложенных к дренирующей дневной поверхности тела S_2 , вектор \mathbf{v} — нормаль к поверхности.

Модификация метода конечных элементов

Перепишем систему уравнений (1) в операторном виде и скалярно умножим уравнение на вектор возможных перемещений \mathbf{v} :

$$-((A + B + C)\mathbf{u}, \mathbf{v}) = (\mathbf{F}, \mathbf{v}), \quad (2)$$

где $A = (G + \lambda) \text{grad div} + G\Delta$ — оператор Ламе, операторы $B \left(b_1 \frac{\partial^2}{\partial x_1^2}, b_2 \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \right)$, $C \left(c_1 \frac{\partial}{\partial x_1}, c_2 \frac{\partial}{\partial x_2} \right)$ описывают влияние жидкой фазы.

Отрицательные операторы A , B , C являются положительно определёнными [2]. В работе [2] также установлена связь между скалярными произведениями и полной энергии деформации, которая представляет собой сумму трёх слагаемых W^A , W^B , W^C , где

$$2W^A = c(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2) + 2\lambda\varepsilon_1\varepsilon_2 + \frac{1}{2}(c - \lambda)\varepsilon_{12}^2 =$$

$$= \varepsilon_1\sigma_1 + \varepsilon_2\sigma_2 + \gamma_{12}\tau_{12}, \quad c = \frac{(1 - \nu)E_s}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)},$$

$$2W^B = b_1\varepsilon_1^2 + b_2\varepsilon_2^2.$$

В сумме $2W^A + 2W^B$ можно сгруппировать слагаемые и вынести за скобки общие множители ε_1 и ε_2 ,

$$2W^A + 2W^B = \varepsilon_1(\sigma_1 + b_1\varepsilon_1) + \varepsilon_2(\sigma_2 + b_2\varepsilon_2) + \gamma_{12}\tau_{12},$$

Слагаемые $\sigma_1 + b_1\varepsilon_1$ и $\sigma_2 + b_2\varepsilon_2$ представим следующим образом:

$$\sigma_1 + b_1\varepsilon_1 = c\varepsilon_1 + a_1\varepsilon_2 + b_1\varepsilon_1 = (c + b_1)\varepsilon_1 + a_1\varepsilon_2,$$

$$\sigma_2 + b_2\varepsilon_2 = a_1\varepsilon_1 + (c + b_2)\varepsilon_2,$$

где $a_1 = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$,

что приводит к новой редакции закона Гука для скелета грунта.

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\},$$

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{(1-\nu)E_s}{(1+\nu)(1-2\nu)} + \frac{E_{I1}}{\aleph_1^2} & \frac{\nu E_s}{(1+\nu)(1-2\nu)} & 0 \\ \frac{\nu E_s}{(1+\nu)(1-2\nu)} & \frac{(1-\nu)E_s}{(1+\nu)(1-2\nu)} + \frac{E_{I2}}{\aleph_2^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{E_s}{2(1+\nu)} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Возникающие за счёт оператора B слагаемые E_{Ii} / \aleph_i^2 описывают изменения механических характеристик скелета грунта за счёт поровой воды.

Фигурными скобками обозначен вектор — столбец, квадратными скобками — полная матрица.

Искомые величинами являются узловые перемещения $\{\delta\}$, поэтому перемещения u_k и другие характеристики внутри элемента записываются через искомые узловые перемещения:

$$u_k = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} (p_i + d_j x_1 + n_j x_2) u_k^i + \\ + (p_j + d_j x_1 + n_j x_2) u_k^j + \\ + (p_m + d_m x_1 + n_m x_2) u_k^m \end{bmatrix}, \quad k = 1, 2 \quad (4)$$

$$p_i = x_1^j x_2^m - x_1^m x_2^j, \quad n_i = x_1^m - x_2^j, \quad d_i = x_2^j - x_2^m.$$

На основании уравнений Коши:

$$\varepsilon_1 = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} = \frac{1}{2\Delta} (d_i u_1^i + d_j u_1^j + d_m u_1^m),$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\partial u_2}{\partial x_2} = \frac{1}{2\Delta} (n_i u_2^i + n_j u_2^j + n_m u_2^m),$$

$$\gamma_{12} = \frac{\partial u_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1}{\partial x_2} =$$

$$= \frac{1}{2\Delta} (n_i u_1^i + n_j u_1^j + n_m u_1^m + d_i u_2^i + d_j u_2^j + d_m u_2^m)$$

относительные деформации внутри конечного элемента площадью Δ выражаются через искомые узловые перемещения $\{\delta\}$:

$$\{\varepsilon\} = [N]\{\delta\},$$

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \frac{1}{2\Delta} \begin{pmatrix} d_i & 0 & d_j & 0 & d_m & 0 \\ 0 & n_i & 0 & n_j & 0 & n_m \\ n_i & d_i & n_j & d_j & n_m & d_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1^i \\ u_2^i \\ u_1^j \\ u_2^j \\ u_1^m \\ u_2^m \end{pmatrix}.$$

Для составления системы линейных алгебраических уравнений используем первые два слагаемые выражения (2) $-(A + B)u, \nu$. Пусть вектор ν описывает возможные узловые перемещения $\{\delta^*\}$. Допустим, что возможные перемещения совпадают с искомыми перемещениями $\{\delta\}$.

Запишем работу внешних сил $\{\delta\}^T [F]$ через удельную работу внутренних сил

$$2(W^A + W^B) = \{\varepsilon\}^T \{\sigma\}, \quad \{\varepsilon\}^T = \{\delta\}^T [N]^T,$$

отвечающих скелету грунта.

От удельной работы перейдём к работе внутренних сил в пределах объёма элемента единичной толщины.

$$\int_S \{\varepsilon\}^T \{\sigma\} \cdot 1 dS = \{\varepsilon\}^T \{\sigma\} \cdot \Delta \cdot 1,$$

$$\int_S dS = \Delta = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1^i & x_2^j \\ 1 & x_1^j & x_2^i \\ 1 & x_1^m & x_2^m \end{vmatrix}$$

Уравнение равенства работ внешних и внутренних сил запишем с помощью матриц: $\Delta \cdot \{\delta\}^T [N]^T \{\sigma\} = \{\delta\}^T \{F\}$. Сократим на $\{\delta\}^T$. Тогда выражение $-(A + B)u, u = (F, u)$ получит матричную запись:

$$\Delta \cdot [N]^T [D] \cdot [N] \{\delta\} = \{F\}.$$

Произведение

$$\Delta \cdot [N]^T [D] \cdot [N] = [k_s] \quad (6)$$

называют матрицей жёсткости для скелета грунта.

Скалярное произведение, соответствующее третьему оператору, имеет вид [2]:

$$(-Cu, u) = \int_S \left(\frac{E_{I1}}{S_1 h_1} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} u_1 + \frac{E_{I2}}{S_2 h_2} \frac{\partial u_2}{\partial x_2} u_2 \right) dS = \int_S P_I \cdot u dS,$$

$$\{P_I\} = \left(\frac{E_{I1}}{S_1 h_1} \varepsilon_1 \quad \frac{E_{I2}}{S_2 h_2} \varepsilon_2 \right).$$

После аналогичных преобразований которого имеем:

$$(-Cu, u) = \{\delta\}^T [M]^T \{P_I\}^T \Delta. \quad (7)$$

Добьемся одинаковой размерности $[M]^T$ с матрицей $[N]^T$ добавив нулевой столбец.

$$[N]^T = \frac{1}{2\Delta} \begin{pmatrix} d_i & 0 & n_i \\ 0 & n_i & d_i \\ d_j & 0 & n_j \\ 0 & n_j & d_j \\ d_m & 0 & n_m \\ 0 & n_m & d_m \end{pmatrix}$$

$$[M]^T = \frac{1}{2\Delta} \begin{pmatrix} f_i & 0 & 0 \\ 0 & f_i & 0 \\ f_j & 0 & 0 \\ 0 & f_j & 0 \\ f_m & 0 & 0 \\ 0 & f_m & 0 \end{pmatrix},$$

$f_k = p_k + d_k x_c + n_k x_c$, x_c — центр тяжести треугольного элемента.

Аналогичным образом поступим с матрицей $\{P_I\}^T$.

$$\{P_I\}^T = \begin{pmatrix} \frac{E_{I1}}{S_1 h_1} \varepsilon_1 \\ \frac{E_{I2}}{S_2 h_2} \varepsilon_2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{E_{I1}}{S_1 h_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{E_{I2}}{S_2 h_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = [D_I] \{\varepsilon_s\}.$$

После подстановки полученных выражений в (7) получаем матрицу жёсткости для поровой воды:

$$[M]^T [D_I] \cdot [N] \Delta = [k_I]. \quad (8)$$

Поскольку матричный множитель $[N]$ в матрице $[k_I]$ сохраняется, то новое матричное слагаемое $[M]^T [D_I]$ надо сложить с известной для скелета грунта матрицей $[N]^T [D]$, что приведёт к новой матрице жёсткости для двухфазного треугольного элемента

$$[k_{sl}] = ([N]^T [D] + [M]^T [D_I]) \cdot [N] \cdot \Delta.$$

Численные эксперименты

Приведём результаты решения задачи типа Фламана о загрузении двухфазной полуплоскости. В работе получена аналитическая формула для этой задачи, которая позволит проверить точность аппроксимации данного метода. Построим графики вертикальных перемещений для $x_1 = 0$.

Аналитическое решение задачи имеет вид:

$$u_r = \frac{2F \cdot \cos \theta}{\pi \cdot \left(E_s + \frac{E_I}{S^2} \right)} \cdot e^{-a^2 r} \cdot \left[\ln \frac{R}{r} - \int_{\rho}^r \frac{e^{-a^2 r} - 1}{a^2 r} d(a^2 r) \right]$$

$$a^2 = \frac{E_I}{\left(E_s + \frac{E_I}{S^2} \right) \cdot S \cdot h}$$

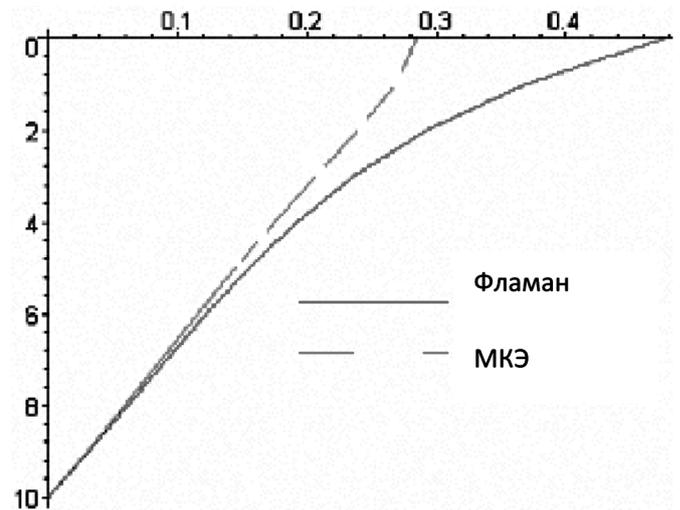


Рис. 1. Вертикальные перемещения $x_1 = 0$. Прямоугольник 10*10 (м) сторона 1 м

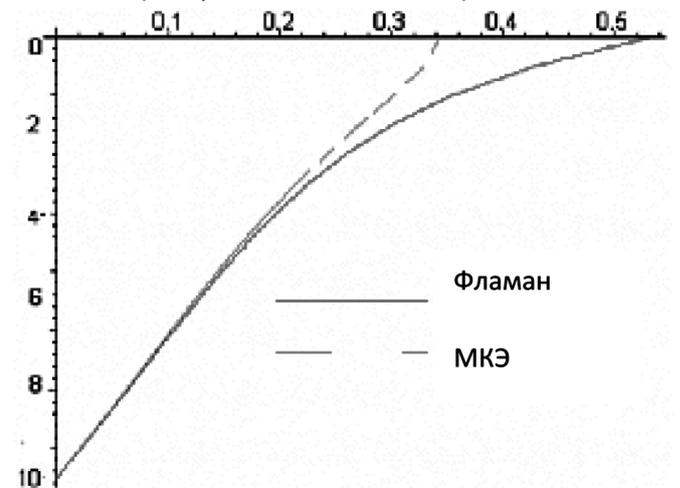


Рис. 2. Вертикальные перемещения $x_1 = 0$. Прямоугольник 10*10 (м) сторона 0,7 м

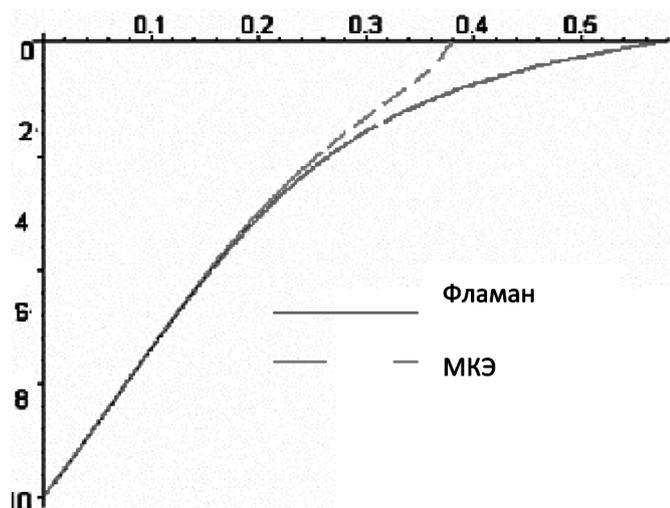


Рис. 3. Вертикальные перемещения $x_z = 0$.
Прямоугольник 10*10 (м) сторона 0,1 м

Приведём графики для осадок в сравнении с аналитическим решением:

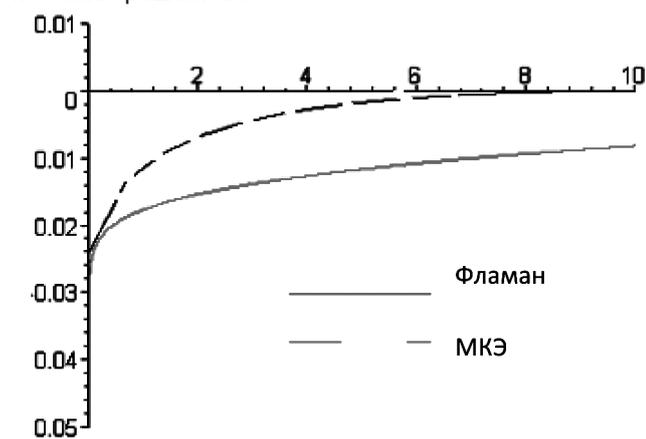


Рис. 4. Осадки для сетки 10*10 (м) со стороной 1 м

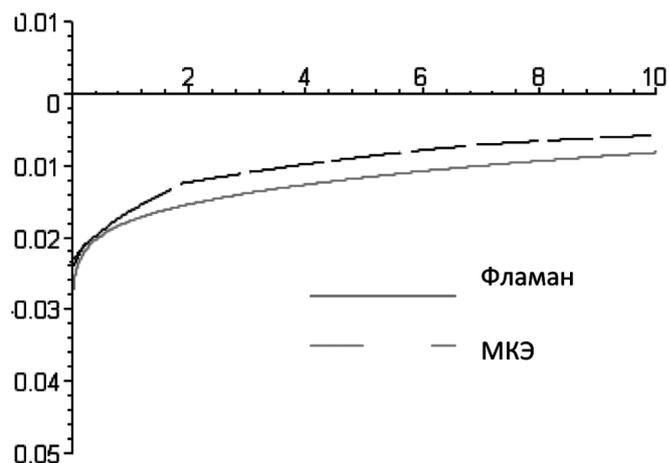


Рис. 5. Осадки для сетки 10*10 (м) со стороной 0,1 м

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцева Т.В. Введение функционала для решения обобщённой системы уравнений Ляме// Вестник ТюмГУ. — 2003. — №5. С. 196–201
2. Мальцев Л.Е., Мальцева Т.В., Салтанова Т.В. Анализ обобщённого оператора Ляме и отвечающий оператору конечный элемент// Проблемы прочности и пластичности. — 2006. — Выпуск 68. Нижний Новгород: НГУ. С. 181–189
3. Мальцев Л.Е., Бай В.Ф., Мальцева Т.В. Кинематическая модель грунта и биоматериалов. СПб.: Стройиздат, 2002. — 320 с.

© Салтанова Татьяна Викторовна (tsaltanova@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СУБЪЕКТА НА ОСНОВАНИИ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MATLAB

Семенюк Виктория Валерьевна

Аспирант, Южно-Российский государственный университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск
semenuk.viktoriya@gmail.com

Складчиков Максим Владимирович

Аспирант,
Донецкий национальный технический университет
maxsklad19981@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CLASSIFYING THE EMOTIONAL STATE OF THE SUBJECT BASED ON SPEECH DATA USING THE MATLAB PACKAGE

**V. Semenyuk
M. Skladchikov**

Summary. The purpose of the work is to analyze current models, approaches and algorithms of image recognition systems. The implementation of a software package based on convolutional neural networks in order to improve the quality of pattern recognition and the construction of an optimal algorithm for recognizing objects based on the received speech data.

Computer pattern recognition is a rather complex task, which is successfully solved through the use of artificial neural networks. Automatic identification of images (text, sound, face, objects, etc.) using a computer is one of the most promising areas of development of artificial intelligence technologies, which allows us to give a key to understanding the features of human intelligence.

To classify the emotional state of the subject, an algorithm was created using convolutional neural networks. For training, a specialized data set was selected, presented in the form of audio recordings characterizing a separate emotional state of the subject. The input of the trained model received transformed speech data in the form of a spectrogram image containing characteristic signs of a certain emotion.

As a result of the study, an algorithm for classifying the emotional color of the subject based on speech data was developed. Experimental studies were carried out to assess the accuracy of the algorithm. This study is a logical continuation of the work in which a similar algorithm was also created [1]. However, due to the low accuracy of the work, it was necessary to improve it. As a result, it was decided to create a different neural network structure by means of the Matlab package. The proposed algorithm, due to its own universality, can be applied in various fields for the tasks of recognizing the emotional color of the subject.

Keywords: neural network, human emotion recognition, convolutional neural network, sound fingerprinting, Tenserflow, Matlab.

Аннотация. Целью работы является анализ текущих моделей, подходов и алгоритмов систем распознавания образов. Реализации программного комплекса на основании сверточных нейронных сетей с целью повышения качества распознавания образов и построение оптимального алгоритма для распознавания объектов на основе полученных речевых данных.

Компьютерное распознавание образов — является довольно сложной задачей, которая успешно решается за счет применения искусственных нейронных сетей. Автоматическая идентификация образов (текст, звук, лицо, предметы и т.д.) с помощью компьютера является одним из наиболее перспективных направлений развития технологий искусственного интеллекта, позволяющая дать ключ к пониманию особенностей работы человеческого интеллекта.

Для классификации эмоционального состояния субъекта был создан алгоритм с использованием сверточных нейронных сетей. Для обучения был выбран специализированный набор данных, представленный в виде аудиозаписей, характеризующих отдельное эмоциональное состояние субъекта. На вход обученной модели поступали преобразованные речевые данные в виде изображения спектрограммы, содержащие характерные признаки определённой эмоции.

В результате проведения исследования, был разработан алгоритм классификации эмоционального окраса субъекта на основе речевых данных. Были проведены экспериментальные исследования, позволяющие оценить точность работы алгоритма. Данное исследование является логическим продолжением работы, в которой также создавался подобный алгоритм [1]. Однако из-за малой точности работы, необходимо было его усовершенствовать. В результате, было решено создать иную структуру нейронной сети средствами пакета Matlab. Предложенный алгоритм, ввиду собственной универсальности, может применяться в различных сферах для задач распознавания эмоционального окраса субъекта.

Ключевые слова: нейронная сеть, распознавание эмоций человека, сверточная нейронная сеть, дактилоскопия звука, Tenserflow, Matlab.

Анализ задач распознавания образов

В современном мире, когда технический прогресс достиг определённого уровня, появляются новые возможности, что побуждает к созданию новых или усовершенствованию имеющихся систем. Для достижения требуемых эргономических параметров, остро стоит

задача создания алгоритмов, являющихся результатом объединения различных вариантов систем. Помимо задачи создания нового варианта структуры системы, необходимо уделить внимание вопросу самоорганизации.

Такие системы, в настоящее время, являются наиболее актуальными. Это связано, в первую очередь,

с принципом работы описанных систем. В зависимости от информации, которая поступает на вход данной системы, алгоритм подстраивается под входные данные. В том случае, когда на входе появляется новый набор данных, не участвующий в обучении, алгоритм запоминает её. Тем самым удаётся накапливать опыт, содержащийся в наборе данных. Данная система наиболее актуальна в том случае, когда имеется потребность работы с большим количеством данных (изображение, звук) [2]. Системы распознавания образов применяются во множестве сфер и позволяют решить множество практических задач:

1. Робототехника [3, 4].

Ярким примером является разработка корпорации Microsoft — Kinect. Данный контроллер изначально был разработан для игровой индустрии. Его основная задача заключалась в распознавании образов человека, а именно — Skeleton Tracking. Данная технология позволяет отслеживать перемещение тела человека и воссоздавать его движения за счёт управления виртуальным аватаром. Отслеживание производится на основании работы двух камер. Одна из них — цветная камера. Её основная задача — получение кадров и подача полученных изображений на алгоритм сравнения. Вторая камера — инфракрасная. Её основная задача заключается в построении карты глубины. В результате, на вход подсистемы сравнения поступает два изображения — цветное и бинаризованное. На основании совместного наложения каждого из них друг на друга, представляется возможность найти человека в области видимости контроллера. После, информация поступает на нейросетевой алгоритм, основная задача которого, заключается в разбиении изображения на области, а также, сегментировании его на составные части тела человека. Выходом системы являются точки, отвечающие каждому суставу отслеживаемого человека в пределах видимости контроллера (максимально количество отслеживаемых суставов — 21). На основании построения карты глубины, а также, стереотриангуляции, возможно отслеживание координат суставов в 3-хмерной плоскости.

По мере продвижения данного продукта в массы, разработкой заинтересовались компании, занимающиеся созданием робототехнических систем. В результате, корпорация Microsoft перевела свой вектор внимания с игровой индустрии на робототехнику. В настоящее время, имеется целое семейство датчиков, которые позволяют создавать собственные алгоритмы, позволяющие обучить нейронную сеть на идентификацию жестов.

Особого внимания заслуживают антропоморфные роботы. Человекоподобные роботы повсеместно применяются в различных сферах деятельности. Антропоморфные роботы могут полностью либо частично

заменить труд человека. Такая замена человеческого труда повышает финансово-экономический потенциал предприятия. В том случае, когда подобные роботизированные системы имеют непосредственный контакт с человеком, например, в медицине, то без использования алгоритмов распознавания образов или эмоций не обойтись.

Используя возможности датчика, был разработан алгоритм формирования траектории для роботизированной системы с использованием контроллера Kinect [5].

2. Системы безопасности [6, 7].

3. Медицина [8].

4. Системы управления и безопасности автомобиля [9].

Ввиду сложной природы образов, подлежащих идентификации, разрабатываемые системы опираются на определённые «триггеры» или классы, которые описывают распознаваемый объект. На основании увеличения спроса на системы идентификации, увеличилась и сложность разрабатываемых систем. Одним из вариантов подобных систем являются алгоритмы распознавания эмоций человека.

Эмоции человека — это реакция организма на внутренние или внешние триггеры. Как утверждает физиолог Анохин П.К., способность выражать эмоции, является результатом эволюционного становления современного человека. Он рассматривал способность выражения эмоций с точки зрения адаптации первобытного человека к жёстким условиям внешнего мира. В современном же мире, эмоциональный окрас субъекта позволяет наладить межличностные отношения и укрепить небывальную связь в обществе.

Если рассматривать эмоции человека, как объект для идентификации, то разрабатываемая система должна учитывать множество факторов. Ввиду индивидуальности каждого субъекта, а также его психологического состояния, которое в период жизни может изменяться, довольно сложно выделить единый способ оценки эмоций. При попытке построить информационную модель системы идентификации, имитирующую психологическое поведение человека, то полностью и достаточно точно описать внутреннюю структуру не удастся. В науке подобные системы принято называть «чёрный ящик». При описании задачи идентификации эмоций, как последовательного алгоритма, мы в состоянии проанализировать внешнее воздействие, на основании которых можем предположить результат действия субъекта. Однако полностью восстановить внутреннюю структуру и модель поведения человека, которая необходима для построения системы распознавания эмоций, практически невозможно. Описанная проблематика анали-



Рис. 1. Структура распознавания

за связана в первую очередь с различными моделями поведения и различной реакцией особи на внешние возмущение. В связи с увеличением сфер применения, направленных на решение сложных технических задач, которые в свою очередь требуют внедрения систем идентификации эмоций (робототехника, системы безопасности и так далее), необходимо систематизировать существующие подходы к решению поставленной задачи, а также, разработать новый алгоритм для классификации эмоций человека [10–14].

Разработка алгоритма классификации эмоций

В ходе проведения исследования, было решено создать две модели нейронной сети, позволяющие идентифицировать:

1. Три класса эмоций: позитивные, негативные и нейтральные.
2. Семь классов эмоций: агрессия, отвращение, страх, счастье, нейтральное состояние, печаль, удивление.

Основная структура распознавания эмоций человека представлена на рис. 1.

Рассмотрим данную структуру более подробно.

Основной целью преобразования входных аудиоданных является построение частотной синусоиды, которая в последующем будет представлена в виде изображения спектрограммы.

Пусть имеется входной набор данных, представленный в виде аудиоволны (рис. 2).



Рис. 2. Пример аудиосигнала

В любой момент времени можно получить данные об амплитуде сигнала и его гармонической составляющей. На основании амплитудных и гармонических колебаний, представляется возможным выделить акустический спектр тона. При его анализе возможно выделить несущую (ключевую) частоту, характерную для отдельного эмоционального состояния человека.

Подобное исследование уже проводилось [1]. Обучение проводилось на основании речевой базы данных. Перед тренировкой нейронной сети, речевые данные подвергались преобразованию в спектрограмму. Однако точность работы алгоритма, полученная в результате обучения нейронной сети, являлась неудовлетворительной, что оставляло вопрос улучшения алгоритма открытым. На рис. 3 представлены гистограммы, отражающие точность работы алгоритма.

Из рис. 3 имеем, что точность распознавания для 3 эмоций:

1. Negative — 83,5%.
2. Neutral — 48,7%.
3. Positive — 59,3%.

При распознавании 8 классов эмоций:

1. Anger — 62,1%.
2. Calm — 73,3%.
3. Disgust — 69,8%.
4. Fear — 76,8%.
5. Happy — 70,3%.
6. Neutral — 20,05%.
7. Sadness — 9,4%.
8. Surprise — 38,7%.

Для улучшения работоспособности алгоритма, было решено заменить метод извлечения характеристик для обучения нейронной сети. В предыдущем исследовании для построения спектрограмм, использовалось оконное преобразование Фурье. Однако проведя более глубокое исследование, было обнаружено, что использование мел-спектрограмм позволит значительно увеличить точность работы алгоритма.

Для проведения данного исследования, было решено выбрать программную среду Matlab. Данный выбор можно обосновать тем, что в Matlab имеется мощный инструмент Deep Network Designer, позволяющий визуализировать

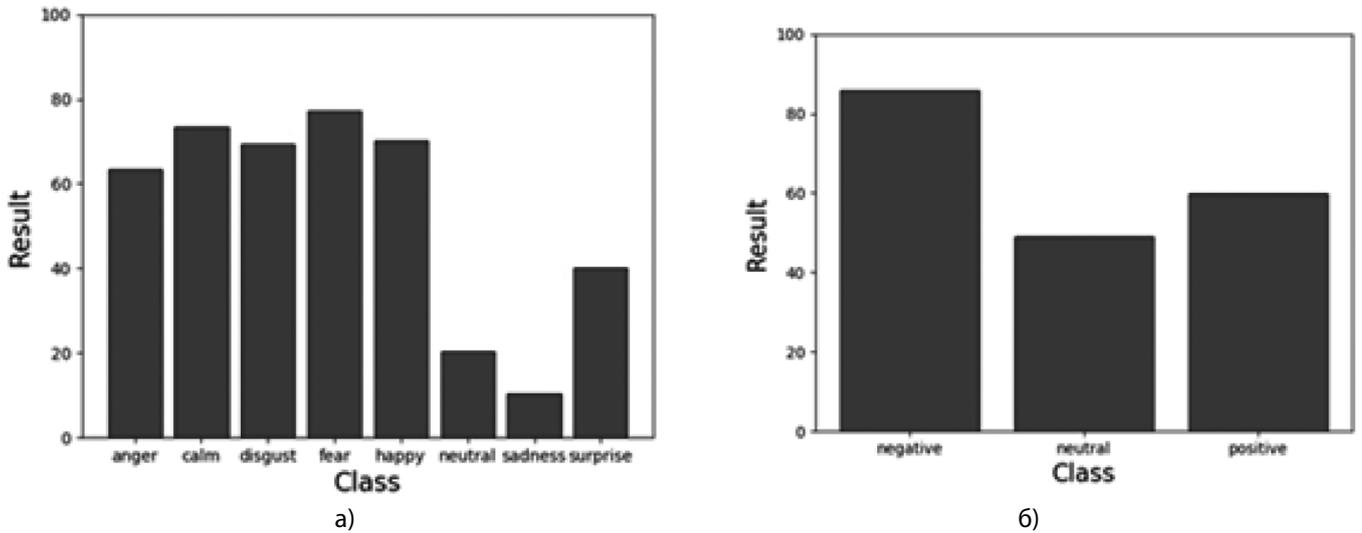


Рис. 3. Результаты тестирования для 8 классов (а) и результаты тестирования для 3 классов (б)

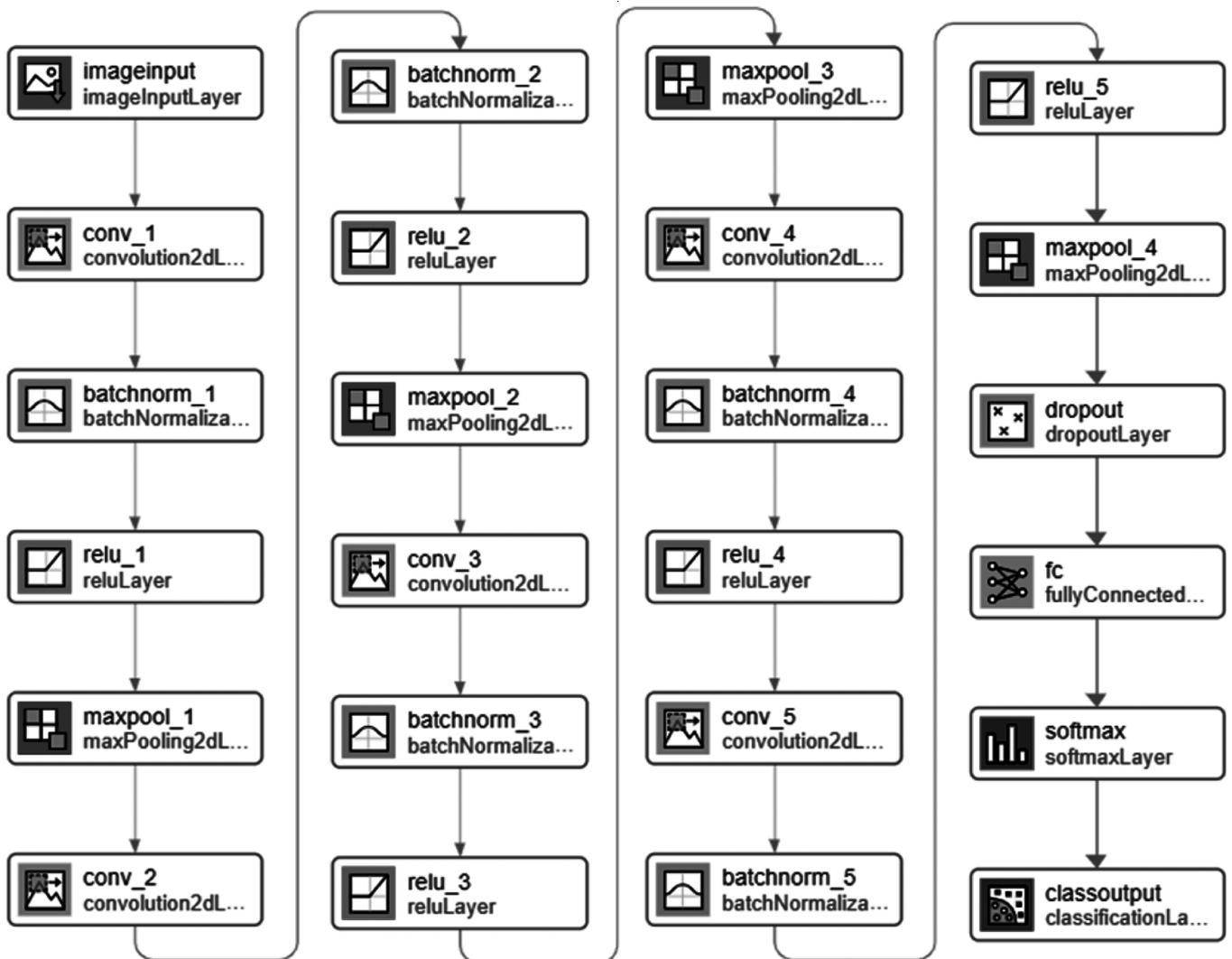


Рис. 4. Структура нейронной сети

зировать процесс создания нейронной сети. Также, имеется возможность параллельной работы в среде Matlab, что уменьшает время, затрачиваемое на обучение.

Для обучения использовался набор речевых данных по 400 аудиозаписей для каждой эмоции. Было решено разделить данные в следующем процентном соотноше-

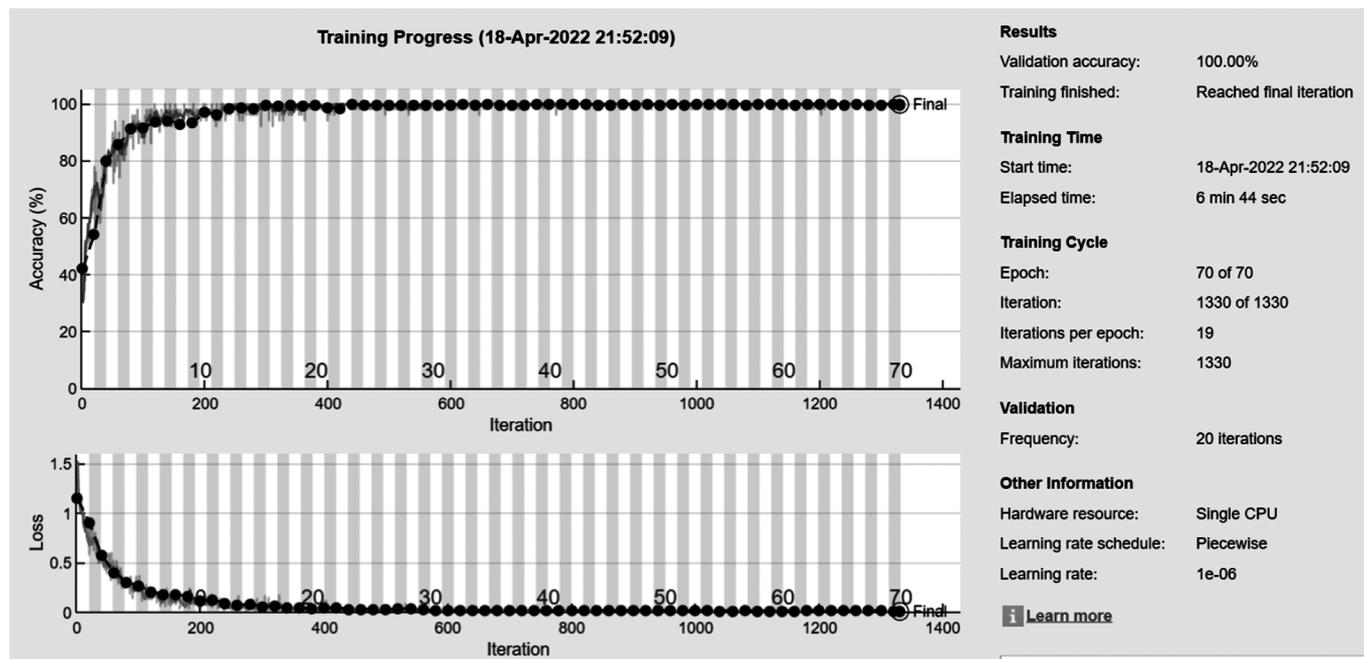


Рис. 5. Результат обучения модели нейронной сети для 3 эмоций

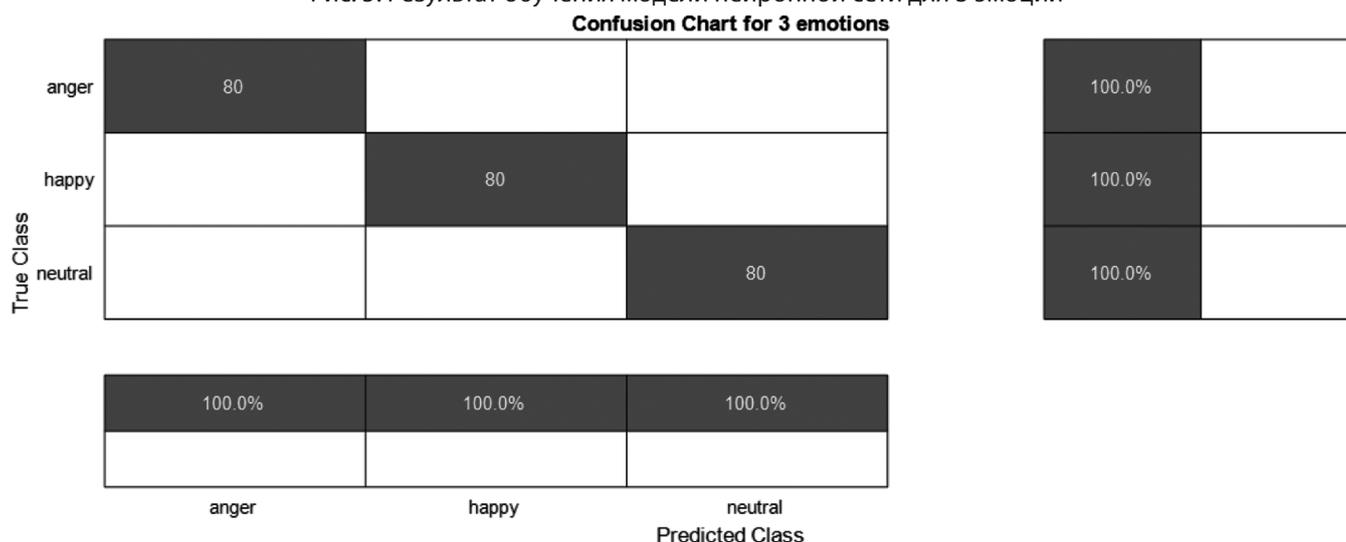


Рис. 6. Результат распознавания эмоций обученной нейронной сетью

нии: 80 % для обучения (320 аудиозаписей), 20 % для валидации (80 аудиозаписей).

В Matlab была разработана структура нейронной сети, состоящая из 24 слоёв (рис. 4).

Для обучения нейронной сети был использован алгоритм оптимизации Адама. В сравнении с остальными алгоритмами оптимизации (стохастический градиентный спуск и RMSProb), выбранный даёт максимальную точность и скорость обучения. Для тренировки нейронной сети, было задано 70 эпох обучения. В результате, процесс обучения был завершён за 6 минут и 44 секунды, причём точность обучения составила 100 % (рис. 5).

На рис. 6 представлены результаты тестирования нейронной сети для 3 эмоций.

Следующим этапом научного исследования являлось использование описанной выше структуры нейронной сети (см. рис. 4), но обучить её на распознавание большего количества эмоций. На рис. 7 представлен результат обучения для 7 эмоциональных состояний.

На обучение было затрачено около 37 минут и точность распознавания составляет 94.11%. На рис. 8 представлены результаты тестирования нейронной сети для 7 эмоций.

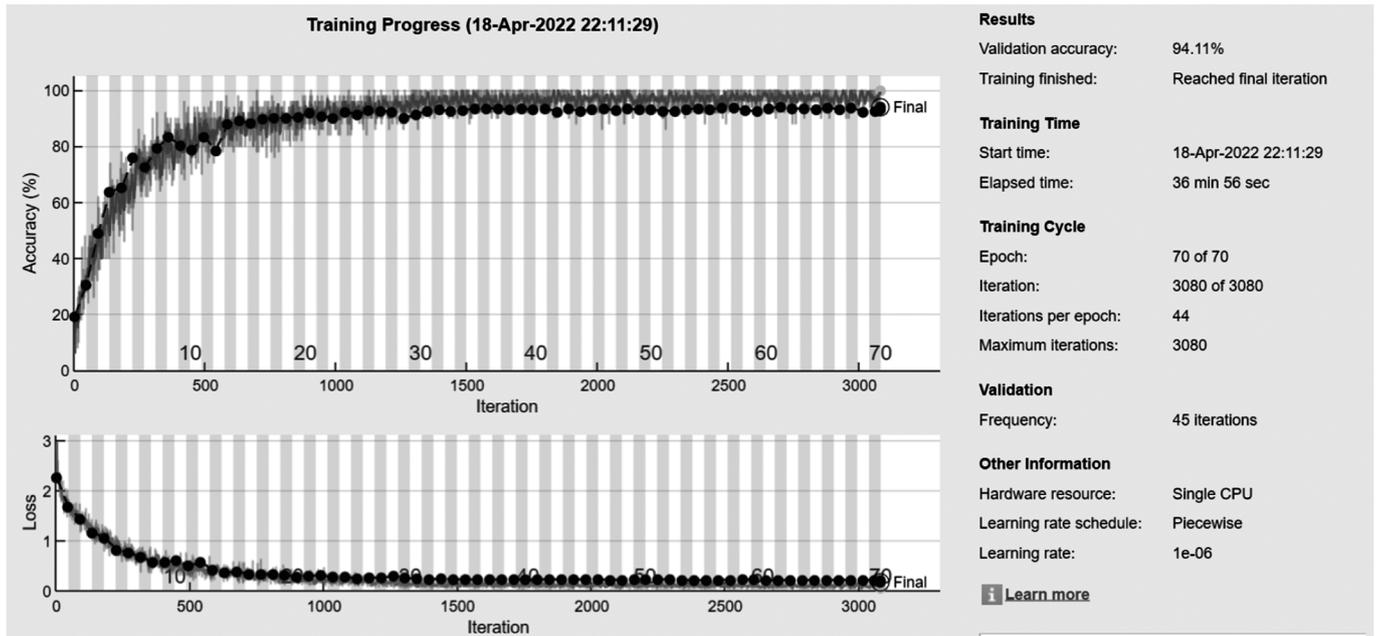


Рис. 7. Результат обучения модели нейронной сети для 7 эмоций

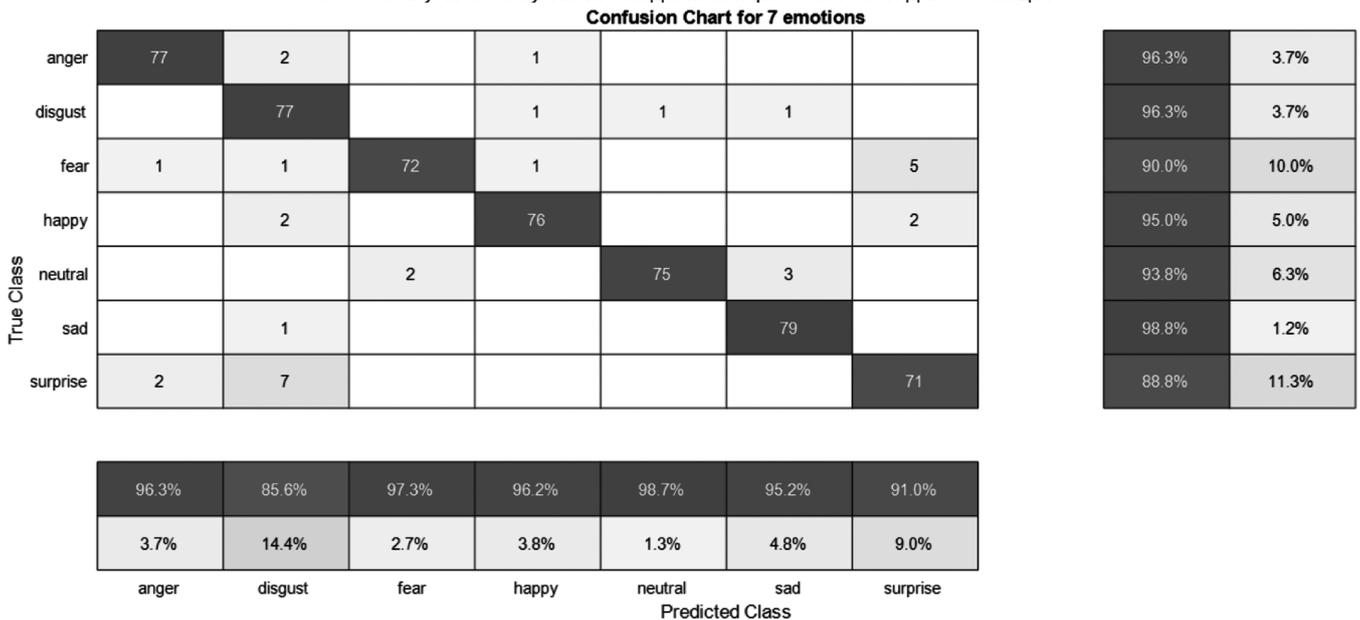


Рис. 8. Результат распознавания 7 эмоций

Заключение

В результате проведённого исследования и полученных результатов, видно, что алгоритм функционирующий и может применяться в различных сферах деятельности в соответствие с поставленной задачей.

Ввиду открытости, синергетические алгоритмы позволяют решать большое количество проблем за счёт возможности беспрепятственного «поглощения» информационных потоков извне, что в последующем влечёт за собой изменение внутренней структуры. Также, стоит отметить, что данные системы являются нелинейными, что позволяет существенно сузить порог нечувствитель-

ности разрабатываемой системы. Это в особенности позволяет решить вопрос нестабильности, а также, изменчивости информационных потоков.

При соблюдении определённых условий, имеется возможность объединения нескольких подобных подходов. Основная задача при таком объединении — поиск способа предотвращения коллизий при совместной их работе. Удачный синтез развивающихся систем можно обеспечить на основе закономерностей и принципов, которые лежат в основе процессов самоорганизации этих систем, а именно, за счёт диссипативного свойства описываемых алгоритмов.

В дальнейшем планируется проведение исследования, по созданию более универсального синергетического алгоритма, позволяющего снизить время обуче-

ния до минимума, при возможном увеличении точности создаваемого алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенюк В.В. «Повышение качества компьютерного распознавания эмоционального состояния человека по голосу» // Научно-практическая конференция «Научные революции: Сущность и роль в развитии науки и техники» — НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АЭТЕРНА» Челябинск, 2021 — 142 с.
2. Клименко Н.С. Разработка структуры текстонезависимой системы идентификации диктора // Искусственный интеллект. 2012. № 4. С. 161–171.
3. Топ-5 сфер применения систем распознавания объектов [Электрон. ресурс] <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/433544/> (Дата обращения: 10.03.2022).
4. Шиллер А.В. Выражение модернизируемых эффектов эмоций у искусственных агентов как визуальный язык // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. 2019. № 4 (22). С. 223–243.
5. Складчиков М.В., Розкаряка П.И. Разработка алгоритма планирования траектории перемещения для роботизированной системы с использованием контроллера Kinect // Материалы 7-й международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса». Т. 2: Перспективы развития электротехнических, электромеханических и энергосберегающих систем. — Донецк: ДонНТУ. 2021. С. 65–77.
6. Рюмина Е.В., Карпов А.А. Аналитический обзор методов распознавания эмоций по выражениям лица человека // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 2. С. 163–176.
7. Карпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Обнаружение и сопровождение людей в интеллектуальных детекторах внештатных ситуаций // Вестник казанского технологического университета. 2014. С. 351–356.
8. Sucksmith E, Allison C, Baron-Cohen S, Chakrabarti B, Hoekstra R.A. Empathy and emotion recognition in people with autism, first-degree relatives, and controls // *Neuropsychologia*. 2013. V. 5. p. 98–105.
9. Ахметшин Р.И., Кирпичников А.П., Шлеймович М.П. Распознавание эмоций человека на изображениях // Вестник технологического университета. 2015. № 18 (11). С. 160–163.
10. Хрусталёв В.О., Зубков А.В. Разработка технологии распознавания эмоций человека на основе изображений, поступающих с веб-камеры // XXIV региональная конференция молодых учёных и исследователей волгоградской области. 2020. С. 223–224.
11. Курицкий В.Ю., Садов С.В. Нейросетевой алгоритм распознавания эмоций по изображению лица // Компьютерные технологии и анализ данных (СТДА'2020). 2020. С. 245–248.
12. Хнюнин М.В., Гпнелина Н.Д. Перспективы применения личных мобильных устройств для распознавания эмоций человека по фотографиям лица // Интеллектуальный потенциал Сибири. 2021. С. 179–182.
13. Артемьева Ж.Г., Крушная Н.А. Распознавание эмоций у других людей детьми с нарушениями опорно-двигательного аппарата // Человеческий фактор: социальный психолог. 2020. № 1 (39). С. 288–294.
14. Сидоров К.И., Филатова Н.Н. Автоматическое распознавание эмоций человека на основе реконструкций аттракторов образцов речи // Программные системы и вычислительные методы. 2012. № 1. С. 67–79.

© Семенюк Виктория Валерьевна (semenuk.viktoriya@gmail.com); Складчиков Максим Владимирович (maxsklad19981@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВА РАЗНОРОДНЫХ ГРУПП КОММУТАТОРОВ

THE RELIABILITY ASSESSMENT OF LOCAL COMPUTER NETWORKS USING A MARKOV MODEL OF MULTIPLE HETEROGENEOUS SWITCH GROUPS

V. Terskov
I. Sakash

Summary. During the rapid development of information technology, it is impossible to exchange information without data transmission networks. Consequently, the design and development of new local computer networks requires an accurate analysis of their technical characteristics and on this basis remains one of the most urgent tasks in the field of information technology. Therefore, the article considers common topologies of local computer networks and models of reliability of restored systems, and also gives formulas for calculating complex reliability indicators of the topology in question. Relevant examples are shown. To do this, the Markov service model was used, that is, a description of the queuing operation using a Markov process with a discrete set of states.

Keywords: local computer networks, reliability of recoverable systems, Markov models, queuing systems.

Терсков Виталий Анатольевич

Доктор техн. наук, профессор, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск
terskovva@mail.ru

Сакаш Ирина Юрьевна

Канд. техн. наук, доцент, Красноярский государственный аграрный университет
stella93@yandex.ru

Аннотация. Во время стремительного развития информационных технологий невозможен обмен информацией без сетей передачи данных. Следовательно, проектирование и разработка новых локальных компьютерных сетей требует точного анализа их технических характеристик и на этой основе остается одной из наиболее актуальных задач в области информационных технологий. Поэтому в статье рассмотрены распространенные топологии локальных компьютерных сетей и модели надежности восстанавливаемых систем, а также даны формулы для расчета комплексных показателей надежности рассматриваемой топологии. Показаны соответствующие примеры. Для этого использовалась Марковская модель обслуживания, то есть описание операции массового обслуживания с помощью Марковского процесса с дискретным множеством состояний.

Ключевые слова: локальные компьютерные сети, надежность восстанавливаемых систем, Марковские модели, системы массового обслуживания.

Введение

Так как начало XXI века ознаменовано стремительным развитием и совершенствованием информационных технологий, а также их внедрением во все сферы человеческой деятельности, то наиболее актуальной задачей является анализ технических характеристик локальных компьютерных сетей, существующих в настоящее время, и проектирование новых систем передачи данных с учетом заданных характеристик [4].

1. Аналитическая модель расчета надежности множества разнородных групп независимых восстанавливаемых объектов

Пусть имеется N типов разнородных независимых групп восстанавливаемых объектов с заданными количествами объектов в каждой группе: m_1, m_2, \dots, m_N . Объекты внутри группы имеют одинаковые интенсивности отказов и одинаковые интенсивности восстановления [2]. Объекты могут независимо отказывать и независимо восстанавливаться без каких-либо ограничений. Тогда получаем Марковскую модель надежности (рис. 1) [5]:

Процесс функционирования разнородных объектов, составляющих единую техническую систему, рассматривается как последовательная смена состояний в некотором интервале времени Δt . Этот процесс может быть описан с помощью аппарата теории массового обслуживания.

Каждый объект в некоторые случайные моменты времени может выйти из строя и нуждаться в обслуживании (восстановлении) [3]. Поток запросов на восстановление от объектов каждого типа простейший с параметром ν_1 . Интенсивность обслуживания запросов каждого типа подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметром μ_1 . Если обслуживающий прибор свободен, то вновь поступивший запрос принимается на обслуживание. В случае занятости обслуживающего прибора запрос становится в очередь и ждет своего обслуживания. После обслуживания текущего запроса на восстановление объекта из очереди по случайному закону выбирается очередной запрос из числа поступивших на обслуживание. Фрагмент графа состояний рассматриваемой системы массового обслуживания (СМО) представлен на рисунке 1 [6].

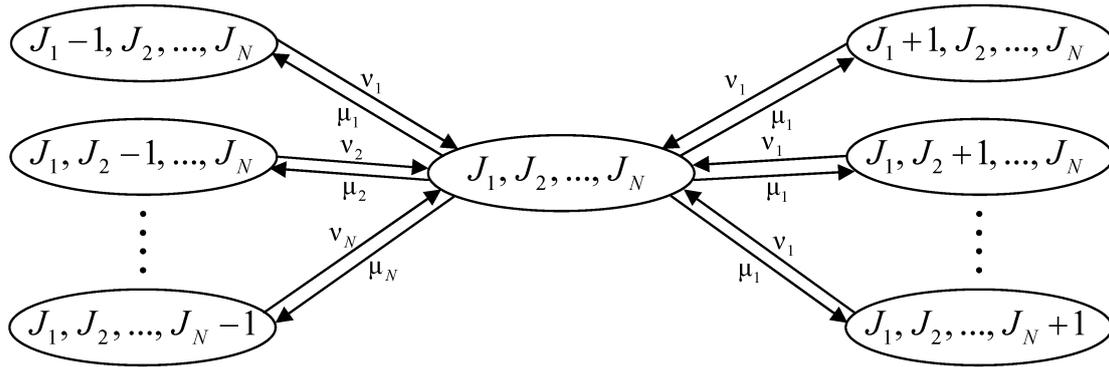


Рис. 1. Марковская модель множества разнородных групп независимых восстанавливаемых объектов

СМО может находиться в следующих состояниях:

$a_{0,0,\dots,0}$ — все объекты, входящие в структуру системы, исправны и функционируют, запросов на обслуживание нет, обслуживающий прибор свободен;

$a_{1,0,\dots,0}$ — в системе находится один запрос на восстановление от объекта первого типа, обслуживающий прибор занят обработкой поступившего запроса, очереди нет;

...;

и т. д.;

$a_{0,0,\dots,1}$ — в системе находится один запрос на восстановление от объекта N -го типа, обслуживающий прибор занят обработкой поступившего запроса, очереди нет;

a_{J_1, J_2, \dots, J_N} — в системе находятся J_i запросов на восстановление от объектов i -го типа, где $i = 1, 2, \dots, N$, обслуживающий прибор занят обработкой одного из поступивших запросов, остальные запросы находятся в очереди на обслуживание;

a_{m_1, m_2, \dots, m_N} — в системе находятся m_i запросов на восстановление от объектов i -го типа, где $i = 1, 2, \dots, N$, обслуживающий прибор занят обработкой одного из поступивших запросов, остальные $(M - 1)$ запросов находятся в очереди на обслуживание, где M — суммарное количество всех объектов системы:

$$M = \sum_{i=1}^N m_i, \quad J_i < m_i.$$

Пример графа состояний технической системы, состоящей из двух типов объектов ($N = 2$), пяти объектов первого типа ($m_1 = 5$) и трех объектов второго типа ($m_2 = 3$) представлен на рисунке 2.

Для вывода системы дифференциальных уравнений вводим следующее обозначение:

P_{J_1, J_2, \dots, J_N} — вероятность того, что в любой момент времени система находится в состоянии a_{J_1, J_2, \dots, J_N} .

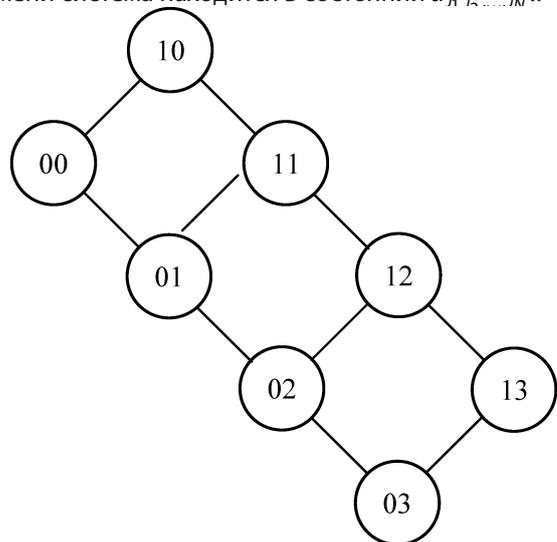


Рис. 2. Граф состояний СМО

Используя правила составления системы дифференциальных уравнений, запишем систему дифференциальных уравнений рассматриваемой системы массового обслуживания (СМО).

$$\frac{dP_{0,0,\dots,0}(t)}{dt} = -\sum_{i=1}^N v_i \cdot P_{0,0,\dots,0}(t) + \mu_1 \cdot P_{1,0,\dots,0}(t) + \mu_2 \cdot P_{0,1,\dots,0}(t) + \dots + \mu_N \cdot P_{0,0,\dots,1}(t);$$

и т. д.;

$$\begin{aligned} \frac{dP_{J_1, J_2, \dots, J_N}(t)}{dt} = & \\ = -\sum_{i=1}^N (v_i + \mu_i) \cdot P_{J_1, J_2, \dots, J_N}(t) & + v_1 \cdot P_{J_1 - 1, J_2, \dots, J_N}(t) + \\ + v_2 \cdot P_{J_1, J_2 - 1, \dots, J_N}(t) & + \dots + v_N \cdot P_{J_1, J_2, \dots, J_N - 1}(t) + \\ + \mu_1 \cdot P_{J_1 + 1, J_2, \dots, J_N}(t) & + \mu_2 \cdot P_{J_1, J_2 + 1, \dots, J_N}(t) + \dots \\ \dots + \mu_N \cdot P_{J_1, J_2, \dots, J_N + 1}(t); & \end{aligned}$$

и т. д.;

$$\frac{dP_{m_1, m_2, \dots, m_N}(t)}{dt} = -\sum_{i=1}^N \mu_i \cdot P_{m_1, m_2, \dots, m_N}(t) + v_1 \cdot P_{m_1-1, m_2, \dots, m_N}(t) + v_2 \cdot P_{m_1, m_2-1, \dots, m_N}(t) + \dots + v_N \cdot P_{m_1, m_2, \dots, m_N-1}(t);$$

Полученная система уравнений имеет единственное решение [1]:

$$\sum_{\substack{J_1=0, m_1 \\ J_2=0, m_2 \\ \dots \\ J_N=0, m_N}} P_{J_1, J_2, \dots, J_N} = 1.$$

Получим:

$$P_{J_1, J_2, \dots, J_N} = \prod_{i=1}^N \tilde{P}_{ji} = \prod_{i=1}^N \rho_i^{J_i} \cdot P_{0,0,\dots,0},$$

где $P_{0,0,\dots,0}$ — вероятность нахождения СМО в состоянии $a_{0,0,\dots,0}$.

Тогда:

$$P_{J_1, J_2, \dots, J_N} = \frac{\prod_{i=1}^N \rho_i^{J_i}}{\sum_{\substack{J_1=1, m_1 \\ J_2=1, m_2 \\ \dots \\ J_N=1, m_N}} \prod_{i=1}^N \rho_i^{J_i}}.$$

2. Анализ комплексных показателей надежности множества разнородных групп независимых восстанавливаемых объектов, составляющих единую техническую систему — локальную сеть

2.1. Двухуровневые локальные сети с выделенным ядром

Предположим, что сеть содержит m_1 коммутаторов ядра и m_2 коммутаторов доступа.

Серверы локальной сети интернет доступны через каждый коммутатор ядра, которые в свою очередь связаны между собой. Коммутаторы доступа между собой не связаны, но они связаны с каждым коммутатором ядра.

Отказ любого коммутатора доступа, нарушение связи с сервером или глобальной сетью считается отказом всей сети в целом.

Коммутаторы каждого уровня в некоторые моменты времени могут выходить из строя и восстанавливаться. Коммутаторы ядра имеют интенсивность отказов v_1 и интенсивность восстановления μ_1 . Коммутаторы доступа — соответственно v_2 и μ_2 .

Сеть считается работоспособной при одновременном выполнении двух условий:

- во-первых, в исправном состоянии должен быть хотя бы один коммутатор ядра;
- во-вторых, работоспособными должны быть все коммутаторы доступа [7].

В качестве примера пусть имеется двухуровневая локальная сеть с выделенным ядром, имеющая в своем составе три коммутатора доступа и один коммутатор ядра ($N = 2, m_1 = 1, m_2 = 3$). Система массового обслуживания может находиться в следующих состояниях:

$a_{0,0}$ — все коммутаторы, входящие в структуру сети, исправны и функционируют, запросов на восстановление (обслуживание) нет, обслуживающий прибор свободен;

$a_{0,1}$ — коммутатор ядра исправен, в системе находится один запрос на восстановление от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, очереди на обслуживание нет, система (сеть) в целом исправна (причина — в невыполнении второго условия);

$a_{0,2}$ — коммутатор ядра исправен, в системе находятся два запроса на восстановление от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, в очереди на обслуживание находится один запрос, система (сеть) не исправна;

$a_{0,3}$ — коммутатор ядра исправен, в системе находятся три запроса на восстановление от объектов второго типа, обслуживающий прибор занят, в очереди на обслуживание находятся два запроса, система (сеть) неисправна;

$a_{1,0}$ — коммутатор ядра неисправен, в системе находятся один запрос на восстановление от объекта первого типа, обслуживающий прибор занят, очереди нет, сеть неисправна;

$a_{1,1}$ — неисправны коммутатор ядра и один из трех коммутаторов доступа, в системе находятся два запроса на восстановление — один от коммутатора ядра, второй от неисправного коммутатора доступа, обслуживающий прибор занят, один запрос находится в очереди, сеть неисправна;

$a_{1,2}$ — неисправны коммутатор ядра и два из трех коммутаторов доступа, в системе находятся три запроса на восстановление — один от коммутатора ядра, два от неисправных коммутатора доступа, обслуживающий прибор занят, два запроса находятся в очереди, сеть неисправна;

$a_{1,3}$ — неисправны коммутатор ядра и все три коммутатора доступа, в системе находятся четыре запроса

на восстановление, обслуживающий прибор занят, три запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна.

Граф состояний рассматриваемой СМО представлен на рисунке 2.

Для определения вероятности безотказной работы коэффициента готовности двухуровневой локальной сети с одним коммутатором ядра и тремя коммутаторами доступа учитываем вероятности тех состояний СМО, при которых система является работоспособной. В нашем случае это состояние $a_{0,0}$. Значение вероятности $P_{0,0} = 0,997154$.

С целью повышения отказоустойчивости сети в ее архитектуру был дополнительно введен второй коммутатор ядра ($N = 2, m_1 = 2, m_2 = 3$).

Модифицированная СМО может находиться в следующих состояниях:

$a_{0,0}$ — все коммутаторы, входящие в структуру сети, исправны и функционируют, запросов на восстановление (обслуживание) нет, обслуживающий прибор свободен;

$a_{0,1}$ — коммутаторы ядра исправны, в системе находится один запрос на восстановление от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, очереди на обслуживание нет, сеть неисправна (не выполнено второе условие);

$a_{0,2}$ — коммутаторы ядра исправны, в системе находятся два запроса на восстановление от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, в очереди на обслуживание находится один запрос, система (сеть) неисправна;

$a_{0,3}$ — коммутаторы ядра исправны, в системе находятся три запроса на восстановление от объектов второго типа, обслуживающий прибор занят, в очереди на обслуживание находятся два запроса, система (сеть) неисправна;

$a_{1,0}$ — один из двух коммутаторов ядра неисправен, в системе находится один запрос на восстановление от объекта первого типа, обслуживающий прибор занят, очереди нет, сеть в целом исправна (выполняются оба условия);

$a_{1,1}$ — неисправен один коммутатор ядра и один из трех коммутаторов доступа, в системе находится два запроса на восстановление — один от объекта первого типа и один от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, один запрос находится в очереди на обслуживание, сеть неисправна;

$a_{1,2}$ — неисправен один коммутатор ядра и два из трех коммутаторов доступа, в системе находится три запроса на восстановление — один от объекта первого типа и два от объектов второго типа, обслуживающий прибор занят, два запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна;

$a_{1,3}$ — неисправны коммутатор ядра и все три коммутатора доступа, в системе находятся четыре запроса на восстановление, обслуживающий прибор занят, три запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна.

$a_{2,0}$ — неисправны два коммутатора ядра, в системе находятся два запроса на восстановление от объекта первого типа, обслуживающий прибор занят, в очереди на восстановление находится один запрос, сеть неисправна;

$a_{2,1}$ — неисправны два коммутатора ядра и один из трех коммутаторов доступа, в системе находятся три запроса на восстановление — два от объекта первого типа и один от объекта второго типа, обслуживающий прибор занят, два запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна;

$a_{2,2}$ — неисправны два коммутатора ядра и два из трех коммутаторов доступа, в системе находятся четыре запроса на восстановление — два от объекта первого типа и два от объектов второго типа, обслуживающий прибор занят, три запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна;

$a_{2,3}$ — неисправны два коммутатора ядра и все три коммутатора доступа, в системе находятся пять запросов на восстановление, обслуживающий прибор занят, четыре запроса находятся в очереди на обслуживание, сеть неисправна.

Граф состояний модифицированной СМО представлен на рисунке 3.

Для определения коэффициента готовности (вероятности безотказной работы) модифицированной двухуровневой локальной сети с двумя коммутаторами ядра и тремя коммутаторами доступа суммируем вероятности $P_{0,0}$ и $P_{1,0}$. В результате получаем значение, равное 0,999878.

Наличие значений коэффициента готовности сети до и после модификации позволяет оценить соответствующие значения времени недоступности сети в год по формуле:

$$8760 \cdot (1 - P_{net}).$$

P_{net} — вероятность безотказной работы или коэффициент готовности сети для стационарного режима.

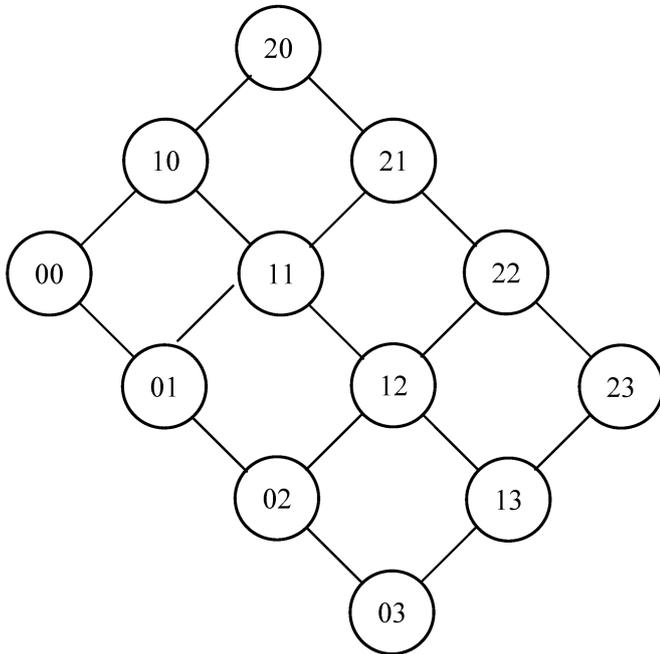


Рис. 3. Граф состояний модифицированной СМО

Снижение времени недоступности сети после модернизации произошло с двадцати пяти до одного часа в год.

Интенсивность отказов коммутатора ядра $\nu_1 = \frac{1}{8760} \text{ ч}^{-1}$ (в среднем коммутатор отказывает один раз в год), а интенсивность восстановления $\mu_1 = \frac{1}{24} \text{ ч}^{-1}$

(в среднем восстановление коммутатора занимает одни сутки). Интенсивность отказов коммутатора доступа

$\nu_2 = \frac{1}{8760} \text{ ч}^{-1}$ (в среднем коммутатор отказывает один

раз в год), а интенсивность восстановления $\mu_2 = 1 \text{ ч}^{-1}$ (в среднем восстановление коммутатора занимает один час).

Заключение

Найдена формула нахождения вероятности того, что в любой момент времени система находится в определенном состоянии. Таким образом, можно сделать вывод, что Марковская модель обслуживания с дискретным множеством состояний может быть использована для расчета комплексных показателей надежности локальных компьютерных сетей. Показаны соответствующие примеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н.Ш. Кремер, — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 538 с.
2. Замятина, О.М. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Моделирование сетей. / О.М. Замятина. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 159 с.
3. Сапожников, В.В. Основы теории надежности и технической диагностики. / В.В. Сапожников, В.В. Сапожников, Д.В. Ефанов. — М.: Издательство Лань, 2019. — 588 с.
4. Белик, А.Г., Качество и надежность программных систем. / А.Г. Белик, В.Н. Цыганенко. — Омск: Издательство ОмГТУ, 2018. — 80 с.
5. D. Teare, C. Paquet. Campus Network Design Fundamentals. — Cisco Press, 2005, 408 p.
6. Викторова, В.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. / В.С. Викторова, А.С. Степанянц. — Москва, 2016. — 219 с.
7. Богатырев, В.А. Надежность резервированного вычислительного комплекса при ограниченном восстановлении / В.А. Богатырев, С.М. Алксанков, Д.В. Демидов, В.Ф. Беззубов. — Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 4 Компьютерные системы и информационные технологии. — 2013. — №3(85). — С. 67–72.

© Терсков Виталий Анатольевич (terskovva@mail.ru); Сакаш Ирина Юрьевна (stella93@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

FORMULATION OF THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE STRUCTURE OF LOCAL COMPUTER NETWORKS

V. Terskov
I. Sakash

Summary. The article describes the formulation of the problem of optimizing the structure of local computer networks. The features of the presented problem that influence the choice of optimization methods are investigated. The conclusion is written that this problem can be effectively solved using evolutionary optimization methods.

With the help of currently existing performance models, it is possible to determine the minimum hardware configuration of the structure of a local computer network. The method proposed in this article allows you to find configurations that have hardware redundancy (compared to the minimum configuration), but, due to this, having a greater probability of being in states that provide sufficient performance to achieve the goals of the functioning of the designed system. This method is more flexible than simply duplicating all hardware components of a minimal configuration, This can be used to reduce the cost of creating and operating the designed system.

The described model can be used to increase the performance of local computer networks. At the same time, it should be taken into account that the resources allocated for the creation and operation of local computer networks are always limited. Therefore, it is reasonable to consider the task of optimizing performance, which has two criteria: the first criterion is performance, and the second is the cost of creating a local computer network.

Keywords: local computer networks, model, performance, queuing theory.

Терсков Виталий Анатольевич

Доктор технических наук, профессор,
Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
terskovva@mail.ru

Сакаш Ирина Юрьевна

Кандидат технических наук, доцент,
Красноярский государственный аграрный университет
stella93@yandex.ru

Аннотация. В статье описана постановка задачи оптимизации структуры локальных компьютерных сетей. Исследованы особенности представленной задачи, которые оказывают влияние на выбор методов оптимизации. Написан вывод, что данная задача может быть эффективно решена с применением эволюционных методов оптимизации.

С помощью существующих в настоящее время моделей производительности можно определить минимальную аппаратную конфигурацию структуры локальной компьютерной сети. Метод, предложенный в этой статье, позволяет находить конфигурации, которые имеют аппаратную избыточность (по сравнению с минимальной конфигурацией), но, за счёт этого, располагающий большей вероятностью нахождения в состояниях, обеспечивающих достаточную производительность для достижения целей функционирования проектируемой системы. Данный метод является более гибким, чем простое дублирование всех аппаратных компонентов минимальной конфигурации, это может быть использовано для уменьшения затрат на создание и эксплуатацию проектируемой системы.

Описанная модель может быть использована для увеличения производительности локальных компьютерных сетей. При этом необходимо учесть, что ресурсы, выделенные на создание и эксплуатацию локальных компьютерных сетей, всегда ограничены. Поэтому разумно рассматривать задачу оптимизации производительности, которая имеет два критерия: первый критерий — производительность, а второй — затраты на создание локальной компьютерной сети.

Ключевые слова: локальные компьютерные сети, модель, производительность, теория массового обслуживания.

Введение

Во время стремительного развития информационных технологий невозможен обмен информацией без сетей передачи данных. Следовательно, проектирование и разработка новых локальных компьютерных сетей требует точного анализа их технических характеристик и на этой основе остается одной из наиболее актуальных задач в области информационных технологий.

Системы передачи данных представляют собой аппаратно-программные комплексы, то есть совокупность аппаратных средств и программного обеспечения, со-

вместно функционирующих для выполнения поставленной задачи.

Требования к производительности локальных компьютерных сетей постоянно возрастают из-за увеличения объемов передаваемой информации и возрастающей сложности сетевых программных комплексов. Необходимо повышение надежности локальных компьютерных сетей и снижение материальных затрат.

Для проектирования локальных компьютерных сетей нужна модель их производительности, которая бы позволила определять быстродействие вариантов архитектуры без экспериментирования, которое может быть крайне длительным и требовать существенных затрат.

Существующие модели производительности локальных компьютерных сетей, не учитывают возможность отказов компонентов аппаратного обеспечения и его восстановления. На практике при проектировании локальной компьютерной сети этот аспект важен, так как уменьшение производительности из-за выхода одного из коммутаторов из строя может привести к потере работоспособности всей системы, что является неприемлемым.

Модель производительности и постановка задачи оптимизации

Представлена более общая модель производительности, которая включает дополнительные состояния. В ней не все коммутаторы ядра и коммутаторы доступа являются исправными, включено восстановление их работоспособности. Локальная компьютерная сеть рассматривается как система массового обслуживания (СМО).

Исследуемая локальная компьютерная сеть состоит из двух типов коммутаторов, содержащих по M_i ($i = 1, 2$) коммутаторов каждого типа со средним временем выполнения одной команды T_{0i} . Коммутаторы объединяются между собой посредством N шин. Время обслуживания запроса от коммутатора i -го типа равно τ_i . Предполагается, что интервал времени между двумя любыми смежными заявками подчиняется пуассоновскому закону распределения с параметром ν_i . Суммарный поток отказов от коммутаторов всех типов подчиняется так же Пуассоновскому закону распределения с параметром λ . При оценке производительности локальной компьютерной сети полагаем, что интервал времени между двумя смежными обслуживаниями подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметром μ , а время восстановления коммутаторов всех типов i -го типа — экспоненциальному закону с параметром ξ_i .

Состояния, в которых может находиться рассматриваемая система, обозначим как $a_{n,m_1,m_2,j_1,j_2}^{k,l}$. При этом $(N - n)$ коммутаторов доступа исправны и участвуют в процессе передачи данных, а n неисправны и восстанавливаются, $(M_1 - m_1)$ коммутаторов ядра исправны и участвуют в вычислительном процессе, а m_1 неисправны и восстанавливаются, $(M_2 - m_2)$ коммутаторов доступа исправны и участвуют в процессе передачи данных, а m_2 неисправны и восстанавливаются. В системе находятся j_1 запросов от коммутаторов ядра, j_2 запросов от коммутаторов доступа, k шин занято обслуживанием, а l запросов находятся в очередях на обслуживание.

В силу выходов из строя и восстановления компонентов локальной компьютерной сети переходы возможны только между состояниями, которые отличаются значением только одного индекса, причём этот индекс может либо увеличиться, либо уменьшиться на единицу.

Составляя систему уравнений Колмогорова-Чепмана [1] по общим правилам для систем массового обслуживания, получим систему линейных дифференциальных уравнений для вероятностей состояний, в которых может находиться система.

Приравнявая в этой системе производные нулю, получим систему линейных алгебраических уравнений для вероятностей состояний в стационарном режиме.

Решая эту систему одним из численных методов линейной алгебры, получим значения вероятностей различных состояний, которые могут быть использованы для определения любых характеристик производительности анализируемой системы [2].

Для того, чтобы отказы элементов сети можно было считать статистически независимыми, подобно отказам различных экземпляров аппаратуры, эти элементы должны быть разработаны независимо [3].

Очевидно, что за счёт увеличения количества дублирующих компонентов сети производительность системы может быть доведена до любого заданного уровня [4]. Однако такие системы могут оказаться слишком дорогими в разработке и/или эксплуатации. Поэтому модели производительности должны быть дополнены моделями стоимости. Стоимость создания компонентов сети сводится к суммированию стоимости компонентов.

Построенные модели позволяют перейти к формализации задачи выбора оптимальных вариантов структуры локальной компьютерной сети. При этом очевидны две группы критериев:

- критерии производительности, которые должны быть максимизированы (вероятность нахождения в состоянии, в котором производительность достаточна для выработки управляющего воздействия и т.п.);
- критерии стоимости, которые должны быть минимизированы (стоимость системы, стоимость разработки системы, стоимость эксплуатации, стоимость ремонта и т.д.).

При этом на переменные задачи будут наложены ограничения, например, по энергопотреблению, скорости и т.д. Для упрощения задачи критерии стоимости можно перевести в ограничения, так как для всех стоимостных характеристик системы, как правило, имеются верхние границы, заданные заказчиком системы управления. Выделив среди критериев производительности, ведущий, получим задачу однокритериальной условной оптимизации с набором существенных ограничений, в которые перейдут остальные критерии. Кроме того, будет иметься набор естественных ограничений (например, количество компонентов сети является целочисленным и положительным).

Существенную проблему для решения получаемой задачи оптимизации создает также способ вычисления целевых функций (критериев), которые в большинстве своем заданы алгоритмически. Это означает, что для ее решения могут быть задействованы только методы прямого поиска, причем те из них, которые могут работать со многими критериями и с переменными того типа, которые имеют место при выборе структуры локальной компьютерной сети.

Рассмотрим тип переменных нашей оптимизационной задачи. Пусть задано количество типов коммутаторов 2 , максимально и минимально возможное количество коммутаторов каждого типа и шин (для коммутаторов m_i^+ и m_i^- соответственно, $i = 1, 2$, а для шин n^+ и n^-). Обозначим через m_i количество коммутаторов i -го типа, включаемых в структуру сети ($i = 1, 2$), через n — количество шин, а через k — количество версий сети. Переменные нашей оптимизационной задачи (k, m_i, n) являются целочисленными, т.е. мы имеем задачу дискретной оптимизации.

Приведем формальную запись поставленной задачи оптимизации локальной компьютерной сети:

$$R_0(m_1, m_2, n, k) \rightarrow \max,$$

при условиях:

$$R_l(m_1, m_2, n, k) \geq R_l^0, \quad l = 1, \dots, L_R,$$

$$C_l(m_1, m_2, n, k) \geq C_l^0, \quad l = 1, \dots, L_C,$$

$$m_i^- \leq m_i \leq m_i^+, \quad i = 1, 2,$$

$$n^- \leq n \leq n^+,$$

$$1 \leq k \leq K.$$

В данной задаче приняты следующие обозначения:

R_0 — ведущий критерий оценки производительности;

$R_l, l = 1, \dots, L_R$ — второстепенные критерии оценки производительности;

$C_l, l = 1, \dots, L_C$ — критерии оценки стоимости;

R_l^0, C_l^0 — предельные допустимые уровни критериев, переведённых в ограничения.

При проектировании оптимальной структуры сети надо выбирать ее так, чтобы обеспечить максимальную производительность всей локальной компьютерной сети в целом. Для формальной постановки задачи это означает, что величины среднего времени выполне-

ния одной команды T_{0i} коммутаторами i -го типа не могут быть постоянными, а должны также быть включены в число переменных оптимизации. Более того, параметры системы v_i и μ_i становятся функциями от T_{0i} , то есть $v_i = v_i(T_{0i}), \mu_i = \mu_i(T_{0i})$. Это приводит к значительному усложнению оптимизационной задачи, превращая ее в двухуровневую иерархическую задачу:

$$\left(\begin{array}{l} R_0^*(T_{01}, \dots, T_{0i}, T_{0N}), R_l^*(T_{01}, \dots, T_{0i}, T_{0N}), \\ C_l^*(T_{01}, \dots, T_{0i}, T_{0N}), \end{array} \right) \rightarrow \text{extr}$$

где R_0^*, R_l^* и C_l^* — решение задачи оптимизации.

Задача оптимизации производительности локальной компьютерной сети является многокритериальной. Рассмотрим, какими особенностями, влияющими на выбор методов оптимизации, обладают целевые функции.

Прежде всего, нужно отметить, что пространство возможных решений является дискретным, так как конфигурация локальной компьютерной сети определяется количеством коммутаторов различных типов, которые могут быть только целыми числами. При этом мощность пространства поиска быстро растёт с увеличением количества типов коммутаторов.

Если приблизительно оценить мощность пространства оптимизации, то получим общее число возможных конфигураций более $1,6 \cdot 10^{20}$. При этом существенные ограничения не будут значительно сокращать количество поисковых точек.

Традиционные методы оптимизации не могут быть использованы для решения подобных задач. Градиентные методы неприменимы из-за дискретности переменных, полный перебор всех возможных вариантов невозможно выполнить за разумное время из-за слишком большого размера пространства поиска, а априорная информация о свойствах целевых функций, позволяющих сократить перебор (например, выпуклость) отсутствует.

При решении подобных задач оптимизации хорошо зарекомендовали себя эволюционные алгоритмы оптимизации, например, алгоритм генетического программирования [5], генетический алгоритм [6], вероятностный генетический алгоритм [7], асимптотический вероятностный генетический алгоритм [8]. Поэтому исследование эффективности эволюционных алгоритмов при оптимизации структуры локальных компьютерных сетей может быть указано в качестве возможного направления дальнейших исследований.

Заключение

Существующие модели производительности позволяют определять минимальную структуру локальных

компьютерных сетей. Предложенный в данной статье подход позволяет находить конфигурации, обладающие коммутаторной избыточностью (по сравнению с минимальной конфигурацией), но, за счёт этого, имеющие большую вероятность нахождения в состояниях, обеспечивающих производительность, достаточную для достижения целей функционирования проектируемой системы. Описанный подход является более гибким, чем простое дублирование всех аппаратных компонентов минимальной структуры сети, что может быть использовано для уменьшения затрат на создание и эксплуатацию проектируемой системы.

Предложенная модель может быть использована для оптимизации производительности локальных компью-

терных сетей. При этом нужно учитывать, что ресурсы, выделенные на создание и эксплуатацию локальных компьютерных сетей, всегда ограничены. Поэтому целесообразно рассматривать задачу оптимизации производительности как многокритериальную: одним критерием будет производительность, а другим – затраты на создание системы.

Таким образом, в данной статье приведена постановка задачи оптимизации структуры локальных компьютерных сетей. Кроме того, изучены особенности данной задачи, влияющие на выбор методов оптимизации. Делается вывод, что данная задача может быть эффективно решена с использованием эволюционных методов оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галажинская, О.Н. Теория случайных процессов. / О.Н. Галажинская, С.П. Моисеева. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. — 128 с.
2. Бахвалов, Н.С. Численные методы. — 8-е изд., доп. и перераб. / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 637 с.
3. Гусева, А.И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. / А.И. Гусева, В.С. Киреев. — М.: Академия, 2014. — 288 с.
4. Efimov, S.N., Methods of Assessing the Characteristics of the Multiprocessor Computer System Adaptation Unit / S.N. Efimov, V.N. Tyapkin, D.D. Dmitriev, V.A. Terskov. // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics, 2016, 9(3). — P. 288–295.
5. Ефимов, С.Н., Алгоритм генетического программирования с автоматически определяемыми функциями для выбора спецпроцессоров МВС интеллектуального анализа данных в режиме реального времени / С.Н. Ефимов, А.С. Егоров, Е.С. Семенкин // Вестник Томского государственного университета. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика». — № 19. — 2006. — С. 223–225.
6. Goldberg, D.E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Reading, MA: Addison-Wesley Professional, 1989. p. 381–401.
7. Семенкин, Е.С., Вероятностные эволюционные алгоритмы оптимизации сложных систем / Е.С. Семенкин, Е.А. Сопов. // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Интеллектуальные системы» (AIS'05) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2005). В 3 т. Т. 1. М.: Физматлит, 2005. — с. 77–78.
8. Галушин, П.В. Разработка и исследование асимптотического вероятностного генетического алгоритма. / П.В. Галушин, О.Э. Семёнкина. Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics, — 2012, 5(1), с. 46–56.

ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

PROBLEMS OF MODERNIZATION OF EXISTING INFORMATION SYSTEMS OF THE MINISTRY OF AGRICULTURE OF RUSSIA IN MODERN CONDITIONS

I. Cherenkova
I. Kutlikova
M. Novikov

Summary. The issues of digitalization of modern agriculture are associated with the presence of problems of theoretical and practical nature of such digitalization. At the same time, most of the problems are related to the modernization of the existing information systems of the Ministry of Agriculture of Russia, which were developed and implemented decades ago and no longer meet many modern requirements.

In the article, the author examines the problems of modernization of the existing information systems of the Ministry of Agriculture of Russia and concludes that at present the issues of modernization of the existing information systems of the Ministry of Agriculture of Russia are very relevant, taking into account the increase in funding announced at the state level for the modernization of such information systems and the existing problems of the development of such systems, which consist, among other things, in the lack of integration of systems between by itself, which creates significant problems for system users.

Integration of the existing information systems of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the framework of modernization of such systems, on the one hand, will simplify many operations and make the processes of data exchange and decision-making more efficient and high-quality. On the other hand, the modernization process is also associated with a number of problems, the most important of which is the problem of ensuring a high-quality and efficient process of data migration from disparate information systems with old interfaces to new integrated systems. To minimize possible problems with data migration, it is possible to develop a so-called multiphase architectural roadmap, where it is necessary to determine exactly how the data migration process will be carried out and how the end users of the information systems of the Ministry of Agriculture of Russia will make the transition to already upgraded systems.

Keywords: data migration, roadmap, information systems, digitalization, modernization of information systems, integration of information systems.

Черенкова Ирина Анатольевна

старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина»

Кутликова Ирина Вениаминовна

старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина»

Новиков Михаил Вячеславович

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина»
6773285@gmail.com*

Аннотация. Вопросы цифровизации современного сельского хозяйства сопряжены с наличием проблем теоретического и практического характера, при этом большая их часть связана с модернизацией действующих информационных систем Минсельхоза России, которые были разработаны и внедрены десятилетия назад и уже не отвечают многим современным требованиям.

В статье автором рассматриваются проблемы модернизации действующих информационных систем Минсельхоза России и делается вывод о том, что в настоящее время данные вопросы являются весьма актуальными с учетом анонсированного на государственном уровне увеличения финансирования на модернизацию таких информационных систем и существующих проблем их развития, заключающихся помимо прочего в отсутствии возможности интеграции систем между собой, что создает существенные проблемы для пользователей.

Интеграция действующих информационных систем Минсельхоза России в рамках модернизации с одной стороны упростит многие операции и сделает процессы обмена данными и принятия решений более эффективными и качественными. С другой стороны процесс модернизации также сопряжен с наличием ряда проблем, важнейшей из которых является проблема обеспечения качественного и эффективного процесса миграции данных из разрозненных информационных систем со старыми интерфейсами в новые интегрированные системы. Для минимизации возможных проблем с миграцией данных возможна разработка так называемой многофазной архитектурной дорожной карты, где необходимо определить, как именно будет осуществляться процесс миграции данных и как конечные пользователи информационных систем Минсельхоза России будут осуществлять переход на уже модернизированные системы.

Ключевые слова: миграция данных, дорожная карта, информационные системы, цифровизация, модернизация информационных систем, интеграция информационных систем.

Современный этап модернизации информационных систем является фундаментальным, но часто игнорируемым аспектом в их развитии по причине существенных временных и финансовых затрат на мероприятия комплексного планирования изменений.

В наиболее общем понимании модернизация информационных систем — это комплексный процесс, включающий в себя широкий спектр мероприятий, необходимых для обеспечения точности, надежности информационных систем, учитывающий их соответствие требованиям, предъявляемым к соответствующим системам и к безопасности данных [4].

Под модернизацией информационных систем понимают также один из путей улучшения функциональных свойств наследуемых составных частей информационных систем, повышение их эксплуатационной надежности, заключающуюся как в изменении отдельных элементов информационных систем и совершенствовании их эксплуатации, так и в применении принципиально новых элементов в соответствующих информационных системах [1], а также обновление всего или части устаревшего программного обеспечения для лучшей поддержки работоспособности организаций различных форм собственности [2, 3].

Перечень мероприятий, проводимых в рамках модернизации, может быть различным и включать в себя: создание процессов и систем для управления большими объемами данных; перенос устаревших систем на более новые платформы, такие, как облачные базы данных; разработка новой стратегии управления данными; использование более современных методов обработки данных для использования преимуществ искусственного интеллекта и машинного обучения; внедрение инструментов аналитики для получения информации о поведении пользователей систем; внедрение мер безопасности, таких, как шифрование и механизмы контроля доступа для обеспечения безопасности данных во время и после модернизации.

Подходы к модернизации информационных систем и стоимость такой модернизации варьируются в зависимости от выбора конкретного комплекса мероприятий модернизации. Так, в одних случаях, когда осуществляется только перевод информационной системы с одной платформы на другую на техническом уровне с небольшими надстройками, временные, финансовые затраты, а также риск не так велики, как если осуществляются значительные изменения в бизнес-процессах, ролях и пользовательских интерфейсах [8].

Вопросы модернизации действующих информационных систем видятся весьма актуальными и для органов государственной власти, при этом Министерство сель-

ского хозяйства Российской Федерации (далее — Минсельхоз России) не является тому исключением.

Внедряя зарекомендовавшие себя передовые практики, направленные на постоянное сохранение, расширение и модернизацию устаревших данных и технологических активов с целью повышения их ценности и достижения целей работы государственных органов, такие органы могут повысить эффективность своей работы, а также сократить расходы на поддержание в исправном состоянии и техническое обслуживание действующих информационных систем, не отвечающих современным требованиям и не выполняющим основные задачи в современных условиях общественного развития.

Кроме того, модернизация действующих информационных систем в значительной степени может устранить постоянно растущие угрозы кибербезопасности и проложить путь к внедрению высоких технологий, таких, как аналитика, мобильные приложения, облачные приложения и искусственный интеллект, в государственном секторе.

За последние несколько лет на государственном уровне неоднократно анонсировалась необходимость модернизации информационных систем Минсельхоза России, а также анонсировалось увеличение объема лимитов бюджетных обязательств, которые планируется потратить на модернизацию информационных систем в области сельского хозяйства с учетом проблем таких систем, которых за последние годы накопилось немало [9, 10]. Проблемы действующих систем Минсельхоза России варьируются, начиная от устаревания физической инфраструктуры, которая обслуживает действующие информационные системы, заканчивая несовершенством ввода и обработки информации в системах, несогласованностью и разрозненностью всех действующих систем Минсельхоза России между собой [5, 6, 7].

Если говорить о проблемах модернизации действующих информационных систем Минсельхоза России, то нельзя не отметить тот факт, что действующие информационные системы Минсельхоза России были построены и введены в промышленную эксплуатацию десятилетия назад с использованием технологий, доступных в то время, и успешно функционировали в течение многих лет. Вместе с тем, компоненты (не только в аппаратной, но и в программной части), с использованием которых были построены действующие системы Минсельхоза России, на сегодняшний день морально устарели — пользовательские интерфейсы и процессы, которые существуют в системах, неудобны для современного пользователя.

Однако на момент создания информационных систем использовался подход, согласно которому созда-

ние системы и ее запуск осуществлялись исходя из целесообразности каждой системы для Минсельхоза России, а не исходя из их оптимальности и достаточности интерфейса. Другие проблемные факторы включают в себя особенности построения действующих информационных систем Минсельхоза России с позиции программной части, например, использование кода, написанного на устаревших языках с применением устаревших структур данных. По указанной причине сопровождение действующих информационных систем сопряжено с высокими затратами.

При модернизации информационных систем с учетом всех современных требований вне зависимости от того, будет ли внедрена новая версия системы управления данными или новое оборудование, необходимо обеспечить возможность осуществления беспрепятственного и беспроблемного процесса миграции данных. Миграция данных подразумевает замену платформы, используемой для хранения данных. Во время миграции данных необходимо обеспечить то, что версия базы данных (как операционной системы баз данных) сохранится в уже модернизированной системе. Отсюда возникают вопросы, которые можно сформулировать следующим образом: можно ли обеспечить качественную миграцию данных между устаревшей системой и более современной системой? Будет ли возможность в возврате к устаревшей системе при возникновении сбоя в модернизированной системе? Какую часть модернизации можно выполнить с помощью инструментов и сколько требуется ручного вмешательства для того, чтобы обеспечить качественную миграцию данных?

Ответы на поставленные вопросы будут зависеть от того подхода, который будет реализован в рамках процесса модернизации действующих информационных систем. При этом если в процессе модернизации не учитывать те моменты, которые обозначены в поставленных вопросах, то модернизация может обернуться потерей уже имеющихся данных в действующих информационных системах и отсутствием возможности привлечения к ответственности лиц, виновных в их потере при осуществлении их миграции.

Для минимизации возможных проблем с миграцией данных возможна разработка так называемой многофазной архитектурной дорожной карты, где каждый этап целевой архитектуры будет показывать, какие устаревшие элементы информационной системы необходимо заменить и на каком этапе модернизации необходимо это сделать, какие элементы конечного состояния необходимо получить и как этого возможно достигнуть, какая перекрестная связь будет при миграции данных между старой инфраструктурой сети и новой инфраструктурой, какие необходимо осуществить дополнения и удаления интерфейсов для того, чтобы обеспечить

качественную миграцию данных. Создание дорожной карты в процессе модернизации информационных систем — это сложная проблема оптимизации.

Кром того, в рамках процесса модернизации действующих информационных систем Минсельхоза России, с учетом уже обозначенной проблемы миграции данных, нельзя не учитывать и существующие проблемы развития действующих информационных систем и цели, на которые направлена соответствующая модернизация. Так, одной из проблем, требующих решения и которую нельзя не учитывать в процессе модернизации, является проблема обеспечения интеграции действующих систем Минсельхоза России между собой.

В данном случае в процессе модернизации необходимо учитывать не только практические вопросы обеспечения интеграции информационных систем между собой с учетом специфики выбора технологических решений, отвечающих сути информатизации сельского хозяйства, недостатков уже действующих информационных систем, специфики данных, обрабатываемых в действующих информационных системах, но и с учетом обеспечения качественного процесса миграции данных при интеграции информационных систем в процессе их модернизации.

Так, например, необходимо будет иметь ответ на вопрос о разделении данных между одновременно модернизируемыми и интегрируемыми между собой системами. Это решение должно быть принято на уровне управления программой. Если разделение данных возможно, то процесс миграции будет постепенным и для пользователей. Так, на определенных этапах процесса модернизации отдельные пользователи могут продолжать использовать устаревший интерфейс разрозненных систем, тогда как другие пользователи уже будут использовать модернизированную систему, переходя на новый интерфейс с учетом установленного графика. Плюсом такого разделения выступает то, что протестировать работоспособность модернизированной системы можно на реальных пользователях и исправить системные ошибки модернизации возможно до процесса полного запуска модернизированных систем в промышленную эксплуатацию.

Если же разделение данных не допускается, то прогресс в процессе миграции данных, как и в целом в системах, можно измерить только в тестовом режиме на определенных этапах модернизации, без понимания процесса перехода пользователей к новому интерфейсу.

В заключение необходимо отметить, что все решения, принимаемые в рамках модернизации, являются проблемой оптимизации систем с большим пространством для поиска оптимального решения. Таким оптимальным

решением с учетом действующих проблем Минсельхоза России, а также с учетом необходимости обеспечения интеграции действующих информационных систем и обеспечения беспрепятственного и эффективного процесса миграции данных, может стать установление правил постепенного перехода на модернизированную систему для пользователей.

Подводя итог, отметим, что в настоящее время вопросы модернизации действующих информационных систем Минсельхоза России являются весьма актуальными с учетом анонсированного на государственном уровне увеличения финансирования на их модернизацию и существующих проблем развития таких систем, заключающихся помимо прочего в отсутствии возможности интеграции систем между собой, что создает существенные проблемы для пользователей.

Интеграция действующих информационных систем Минсельхоза России в рамках модернизации таких систем с одной стороны упростит многие операции и сделает процессы обмена данными и принятия решений более эффективными и качественными. С другой стороны процесс модернизации также сопряжен с наличием ряда проблем, важнейшей из которых является проблема обеспечения качественного и эффективного процесса миграции данных из разрозненных информационных систем со старыми интерфейсами в новые интегрированные системы. Для минимизации возможных проблем с миграцией данных возможна разработка так называемой многофазной архитектурной дорожной карты, где необходимо определить, как именно будет осуществляться процесс миграции данных и как конечные пользователи информационных систем Минсельхоза России будут осуществлять переход на уже модернизированные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимова М.А., Рахимов А.Р. Модернизация информационных систем и ит-инфраструктуры предприятия среднего бизнеса в условиях перехода к цифровой экономике // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2018. №2 (24). С. 103–112.
2. Афанасьев В.Н., Постников А.И. Управление предприятием: организационные модели и информационно-управляющие системы / Учебное пособие. М: Издательство Российского университета дружбы народов, 2005. 192 с.
3. Бойцов Б.В., Артамонов И.М. Денискин Ю.И. Технологическая модернизация информационно-телекоммуникационных систем на основе интегральных показателей качества // Труды МАИ. 2011. №49. С. 52.
4. Сербиновский Б.Ю., Плаксина Е.М. Модернизация автоматизированной информационной системы предприятия: ноу-хау как товар и совокупность технических, технологических и институциональных решений // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. №3. С. 78–87
5. Управление рисками в сельском хозяйстве в условиях цифровой трансформации / О.А. Моторин, М.И. Горбачев, Г.А. Суворов [и др.]. — М.: «КноРус», 2019. 226 с.
6. Харитонов В.И. Информационные аспекты развития системы продовольственного обеспечения // Россия: тенденции и перспективы развития. 2021. №16-1. С. 494–497.
7. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с.
8. Dittrich K.R., Jonscher D. All Together Now — Towards Integrating the World's Information Systems // In: Advances in Multimedia and Databases for the New Century. — World Scientific Press. — Kyoto, Japan, November 30 — December 2, 2018. — P. 109–123
9. Правительство выделит более 900 млн рублей на развитие информационных систем Минсельхоза Электронный ресурс. Режим доступа: <https://fomag.ru/news-stream/pravitelstvo-vydelit-bolee-900-mln-rublej-na-razvitie-informatsionnykh-sistem-minselkhoza/?ysclid=lf45gy2on9818650456> (дата обращения 28.07.2023).
10. Минсельхоз РФ потратил почти 3 млрд. рублей на несуществующие информационные ресурсы Электронный ресурс. Режим доступа: <https://exp.idk.ru/news/russia/minselkhoz-rf-potratil-pochti-3-mlrd-rublej-na-nesushhestvuyushhie-informacionnye-resursy/383384/?ysclid=lf45qdmju36756033> (дата обращения 28.07.2023).

© Черенкова Ирина Анатольевна; Кутликова Ирина Вениаминовна;
Новиков Михаил Вячеславович (6773285@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЙ НА ЭТАПЕ ПЕРЕХОДА К СЕРИЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

Черепанов Никита Владимирович

Кандидат технических наук,
ведущий инженер АО им. С.А. Лавочкина,
nv137@yandex.ru

AUTOMATION OF MANAGEMENT AND THE CONTROL OF PARAMETERS OVER TESTS AT THE STAGE OF TRANSITION TO THE BATCH PRODUCTION

N. Cherepanov

Summary. The enterprises of the industry which are letting out individual skilled products can to pass during the certain moment to release of serial products on their basis. In this case there are tasks of transition from tests of pre-production models to process of tests of a batch production. All complex of possible tests providing the maximal complex bench working off of such products is applied to pre-production models of individual production. At transition to a batch production the approach to application of stand-test base and the simplified order of an estimation of working capacity of a serial product varies. A basis of automation of management and the control of parameters over tests of serial samples at creation of a product introduction at the enterprise of the modern complex automated systems which will allow to reduce time and labour input of carrying out of tests and processing's of their results is offered, to raise quality and reliability of products. In article features of transition of tests from individual manufacture to serial in the mechanical engineering, applied kinds of tests, bench base and inclusion of these processes in a control system of life cycle of products are considered.

Keywords: tests, reception-delivery of test, periodic tests, standard tests, acceptance of production.

При переходе от единичного производства к созданию серийного изделия при управлении и контроле параметров в ходе испытаний необходимо разделять этапы разработки опытных образцов, или головной серии, и этапы создания серийных изделий. На этапе разработки опытного образца используются все применяемые на предприятии возможные средства моделирования и испытания единичных изделий для подтверждения заложенных конструктивных решений. При испытаниях изделий, запущенных в серию, изменяются виды и количество испытаний, которые сводятся к подтверждению требуемых показателей работоспособности каждого серийного изделия. Виды и количество таких испытаний должно определяться на этапе эскизного проекта (ЭП) и рабочего проекта (РП).

Испытания головной серии проводятся на основе существующей испытательной базы и существующего

Аннотация. Предприятия промышленности, выпускающие опытные единичные изделия, могут в определённый момент перейти к выпуску серийных изделий на их основе. В этом случае возникают задачи перехода от испытаний опытных образцов к процессу испытаний серийной продукции. Для опытных образцов единичной продукции применяется весь комплекс возможных испытаний, обеспечивающий максимальную комплексную стендовую отработку таких изделий. При переходе на серийное производство меняется подход к применению стендово-испытательной базы и упрощённый порядок оценки работоспособности серийного изделия. Основой автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов при создании изделия предлагается внедрение на предприятии современных комплексных автоматизированных систем, которые позволят сократить время и трудоёмкость проведения испытаний и обработки их результатов, повысить качество и надёжность изделий. В статье рассматриваются особенности перехода испытаний от единичного производства к серийному в машиностроении, применяемые виды испытаний, стендовая база и включение этих процессов в систему управления жизненным циклом изделий.

Ключевые слова: испытания, приёмо-сдаточные испытания, периодические испытания, типовые испытания, приёмка продукции.

стендового оборудования предприятия. Для испытаний серийных изделий создаётся стендовая база, использующая как имеющиеся средства испытаний, так и вновь создаваемая стендовая база, желательно в сборочном цехе серийного изделия, для оперативных тестовых испытаний.

Головные образцы серийной продукции подвергают полному объёму приёмочным испытаниям с целью решения вопроса о допустимости их использования по назначению и для решения вопроса о целесообразности постановки продукции на серийное производство. Испытаниям подвергается каждая составная часть изделия в процессе изготовления и сборки.

Структура, состав и порядок разработки системы автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов будет определяться по-

сле разработки конструктивного облика самого изделия на этапе ЭП и РП.

При создании системы автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов изделия необходимо предусмотреть возможность её унификации для ряда возможных классов серийных изделий предприятия.

При решении этих задач важную роль играет стендовая система измерений, которая должна быть оснащена комплексом измерительных и вычислительных средств, обладающих достаточной точностью и надёжностью. Автоматизация — это применение технических средств автоматики для измерения, контроля и управления [1].

Сбор и последующая обработка данных по результатам испытаний состоит из следующих работ:

- сбор первичных данных по испытываемым объектам, их первичная обработка, вторичная обработка данных для использования в программных средствах оценки результатов и последующему использованию в анализе результатов;
- сбор и систематизация полученных результатов;
- ввод данных в компьютерные системы для последующей их обработки и проведения оценочных расчётов;
- подготовка отчётов по результатам испытаний;
- принятие решения по результатам испытаний и выдача рекомендаций по доработке испытываемых объектов.

Системы сбора и обработки данных определяются:

- структурой и составом испытательных ресурсов предприятия;
- удалённостью испытательного оборудования от средств обработки данных;
- уровнем информатизации средств испытаний;
- длительностью, непрерывностью или циклическостью проведения испытаний;
- уровнем совершенства используемого испытательного оборудования.

Передача данных может осуществляться непрерывно или дискретно в аналоговой или цифровой форме.

Решение этих задач производится за счёт единой системы сбора, обработки, передачи и хранения данных.

Основой автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов при создании изделия является внедрение на предприятии современных комплексных автоматизированных систем, которые позволят сократить время и трудоёмкость проведения испытаний и обработки их результатов, повысить качество и надёжность изделий.

Такая система может быть построена на основе внедряемой на предприятии информационной системы управления жизненным циклом изделия (ИС УЖЦИ). Эта задача должна решаться комплексно для всех видов изделий и видов проводимых испытаний как самостоятельная задача информатизации бизнес-процессов создания изделий. Её разработка на базе ИС УЖЦИ должна проводиться применительно ко всем разрабатываемым изделиям предприятия.

Достоверность полученных натуральных испытаний определяется совершенством процесса организации испытаний, учётом исходных данных и выбором, подготовкой и настройкой оборудования. В ИС УЖЦИ после внедрения может быть разработана процедура передачи информации от организационно-технических требований к программе испытаний и самому изделию, которая определит актуальность, корректность и достоверность проведённого испытания. В ИС УЖЦИ возможно оценивать последствия полученных результатов и необходимость доработки изделия или процесса испытаний. В ИС УЖЦИ можно организовать учёт испытываемых изделий и испытательного оборудования по изделию, как для головной серии, так и для серийных изделий. Такой подход обеспечивает полный учёт оборудования, проведённых испытаний и их соответствующую компьютерно-математическую оценку. В ИС УЖЦИ создаётся подсистема планирования испытаний, выбора соответствующего испытательного оборудования, учёта требований, соответствующей настройки оборудования и применения методов оценки полученных результатов. Это позволит оперативно оценить соответствие изделия заданным конструктивным параметрам.

Система автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов изделия должна:

1. Обеспечивать надлежащее качество данных в требуемом формате.
2. Собирать данные с каналов поступления информации с использованием полного набора инструментов при проведении натуральных (физических) испытаний.
3. Управлять порядком проведения периодических и типовых испытаний серийных образцов изделия.
4. Обеспечить взаимодействие с информационной системой предприятия на базе ИС УЖЦИ.

Для испытаний головной серии возможно проведение следующих испытаний на базе существующих средств проведения испытаний предприятия с имеющимися средствами автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний:

1. Вибрационные испытания (проверка и анализ параметров вибраций ответственных составных ча-

стей (СЧ) изделия и шумов, выявленных в результате натурных испытаний).

2. Термические, тепло-вакуумные и электротермовакuumные испытания (проверка и анализ параметров нагреваемых элементов при помощи термодатчиков на натурном макете и сравнение с результатами виртуального моделирования).
3. Пневмогидравлические испытания и испытания механизмов (проверка и анализ параметров давления на натурном макете, и сравнение с результатами виртуальных испытаний).
4. Прочностные, динамические, на устойчивость и кинематические испытания.
5. Электрические испытания.
6. Отработка функционирования программного обеспечения.
7. Испытания систем информатизации изделия и связи.

В состав проверяемых элементов изделия должны входить: группа приборов управления; группа элементов энергопитания; группа элементов радиосвязи; кабельная сеть; конструкция и механизмы; средства обеспечения теплового режима (СОТР).

Необходимость, объём и порядок испытаний этих составляющих для этапа серийного производства для каждого изделия решается на этапе разработки ЭП и ТП.

Для каждого производства существует ещё дополнительно свой перечень специфических испытаний и соответствующего испытательного оборудования, который определяется особенностями производимых изделий, оснащённостью испытательной базы и особенностями эксплуатации создаваемых изделий.

В обеспечение выполнения испытаний могут применяться стенды, предназначенные для испытания какой-либо одной или комплекса характеристик, от этого зависит применяемая схема испытательного стенда [2].

Испытания подразделяются также в зависимости от стендовой базы и особенностей организационной структуры предприятия.

Для серийных изделий система автоматизации управления и контроля параметров должна обеспечить проведение комплексных испытаний и автоматизировать контроль и управление параметрами, а также позволить производить гибридные испытания на основе стендов, подключаемых к интерфейсам с возможностью моделирования различных режимов работы логических (функциональных) систем изделия.

Состав, порядок и средства испытаний серийного изделия, проводимых на этапе серийного производства,

определяются по результатам отработки головной серии. ГОСТ 15.309-98 устанавливает основные положения по проведению испытаний и приёмки продукции серийного (массового) производства [3, 4].

На этапе создания системы автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов изделия, на уровне аппаратуры применяют методы и правила:

- выбор решений, обеспечивающих максимальную простоту структуры и правил функционирования изделия;
- существующие на предприятии современные испытательные стенды;
- наиболее отработанные и проверенные схемно-конструкторские решения;
- рациональное использование избыточности;
- использование отказоустойчивых структур;
- облегчение режимов работы электрорадиоизделий (ЭРИ);
- электронное моделирование работы электронных схем;
- проектирование в обеспечение надёжности с анализом надёжности, функциональности, ресурса и сохраняемости, карт работы ЭРИ, анализы худшего случая и др.;
- экспериментальная отработка, в том числе при комплексном воздействии факторов;
- экспертиза правильности применения ЭРИ;
- анализ выявленных при испытаниях несоответствий, их причин и возможных решений.

Резервирование при разработке аппаратуры включает:

- резервные элементы, включаемые непосредственно в функциональную схему;
- резервные возможности применяемых компонентов, снижение допустимой нагрузки;
- резерв времени и временных характеристик ЭРИ.

Должны быть предусмотрены возможности автоматического восстановления системы при отказах.

Электронное моделирование должно закладываться, начиная с самых ранних этапов разработки изделия. Неопределённость данных на ранних этапах снимается их априорным заданием на основе личного опыта разработчика.

Проектирование изделия и его систем включает функциональные, конструкционные и эксплуатационные аспекты, которые должны проверяться, начиная с самых ранних этапов работ и включаться в систему автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний.

Анализ и представление информации о техническом состоянии и надёжности на всех этапах создания, производства и эксплуатации изделия производится в соответствии с требованиями и ГОСТ 15.309-98 [3].

Автоматизированная система испытаний должна обеспечить выявление дефектов производства серийных изделий на основе перечня конструкторско-технологических решений и систем контроля, исключающих созданий серийных образцов с не выявленными (скрытыми) дефектами производственного и эксплуатационного характера. Объем систем контроля, подлежащих внедрению при создании серийного образца, определяется на этапе ЭП и РП.

При разработке средств управления и контроля параметров в ходе испытаний для серийных изделий должны быть проведены следующие работы:

1. Оценка соответствия производственной и испытательной баз, объектов инженерно-технического обеспечения требуемым условиям производства.
2. Разработка перечня методик проведения испытаний, как для установочной серии, так и серийных изделий.
3. Определение состава, характеристик и мощности необходимых экспериментальной, испытательной и производственной баз и обоснование их достаточности.
4. Разработка перечня мероприятий, обеспечивающих возможность тиражирования изделия.

Работы на всех этапах по созданию системы автоматизации управления и контроля параметров в ходе испытаний серийных образцов изделия проводятся испытательным подразделением в соответствии с направлениями проведения испытательных работ и на основе исходных данных и перечня необходимых испытаний, выдаваемых проектно-конструкторскими и расчётными подразделениями.

Для сбора и хранения данных по этапам и операциям сборки серийного изделия создаётся система управления процессом сборки, проводящая:

1. Сбор данных в ручном режиме, а также на основе вычислительных устройств испытательного оборудования и специализированных измерительных устройств;
2. Хранение данных в специализированных базах данных или в подсистеме ИС УЖЦИ.
3. Оценку и анализ данных на основе утверждённых методик и соответствующих программных средств, учитывая производственные процессы, используемое станочное и испытательное оборудование, инструменты и материалы.

Создание системы сбора и хранения данных при сборке изделия должна решаться как составная часть

единой задачи информатизации всего комплекса бизнес-процессов предприятия.

На начальном этапе производства серийных изделий возможно создание упрощённой самостоятельной базы данных в рамках работ по внедрению ИС УЖЦИ. Состав данных определяется видом организации работ по операциям и технологическим сборочным процессами. По организации работ сборка выбирается стационарной или подвижной. Решение о форме организации работ будет определяться на этапе РП.

При стационарной сборке все сборочные операции производятся на одном рабочем месте.

При подвижной сборке изделие перемещается от одного рабочего места к другому, на которых выполняются отдельные сборочные операции. На таких рабочих местах существует определённый, ограниченный набор инструментов. Сборочные детали подаются на конкретно определённое рабочее место.

Подвижная сборка предполагается не поточной и применяется в серийном производстве. При ней с каждого рабочего места по завершении сборочных операций на данном месте изделие передаётся на следующее рабочее место. Необходимо предусматривать небольшие межоперационные заделы, учитывающие неравномерность производственного процесса для сложных изделий.

При сборке серийного изделия проводится регистрация операций.

При передаче комплектующих частей изделия на монтаж на сборочный конвейер оформляется акт о приёмке-передаче оборудования в монтаж.

На каждом рабочем месте оператор фиксирует на терминале: свои данные, время, факт получения составных частей изделия и других комплектующих на сборку, применяемый инструмент и его инвентарный номер, параметры настройки инструмента, применяемый технологический процесс, замечания по результатам сборки, подтверждение передачи сборки на следующее рабочее место.

После проведённых операций сборки, фиксируется результат сборки и фиксируется на терминале передача собранной части изделия на следующее рабочее место для последующих операций сборки или испытаний.

После окончательной сборки изделие передаётся на испытания с фиксацией в базе данных. Фиксация порядка и результатов испытаний каждого серийного изделия регистрируется в соответствии с принятыми на соответствующем испытательном оборудовании правилами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов Г.И. Автоматизация измерений, контроля и испытаний. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет». — Воронеж. — 2011 — 140 с.
2. Схема испытательного стенда, виды и назначения стендов // НПО «Техобеспечение» URL: <https://npo-to.ru/catalog/ispitatelnie-stendi/> (дата обращения: 25.07.2023).
3. ГОСТ 15.309-98 Системы разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приёмка выпускаемой продукции. Основные положения. Переиздание — Август 2010 г. — 13 с.
4. ГОСТР 58972— 2020 Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия. — Москва 2020 — 16 с.

© Черепанов Никита Владимирович (nv137@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РЕАЛИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЙ МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СМАРТФОНОВ

Шульга Михаил Михайлович

Аспирант, Институт инженерной физики
mmshulga@yandex.ru

ANALYSIS OF APPROACHES TO THE IMPLEMENTATION OF CONTINUOUS MULTI-FACTOR AUTHENTICATION OF SMARTPHONE USERS

M. Shulga

Summary. Mobile devices and technologies become more popular and provide possibilities of persistence and calculation of comparable degree to personal desktop computers which allows users to save confidential personal info and interact with it on their devices. Security and protection of this type of information become more and more important because mobile devices are vulnerable for unauthorized access and theft. User's authentication provides access to legitimate users both at the entry point and continuously during the usage session and this authentication is a task of paramount importance. Implementation of this task became possible thanks to built-in sensors which ensure continuous implicit authentication while collecting behavioral biometric data and patterns. This article presents research on modern approaches for continuous authentication of users that uses behavioral biometric characteristics collected by phone's built-in sensors, considers open questions of implementing this authentication, ease of use and performance issues.

Keywords: sensor-based authentication, continuous authentication, mobile sensing, smartphone-based authentication.

Аннотация. Мобильные устройства и технологии становятся все более популярными, предлагая возможности хранения и вычисления, сравнимые с настольными компьютерами, что позволяет пользователям хранить конфиденциальную и личную информацию и взаимодействовать с ней. Безопасность и защита такой личной информации становятся все более и более важными, поскольку мобильные устройства уязвимы для несанкционированного доступа или кражи. Аутентификация пользователя предоставляет доступ законным пользователям в точке входа и непрерывно в течение сеанса использования и является задачей первостепенной важности. Выполнение этой задачи стало возможным благодаря встроенным датчикам современных смартфонов, которые обеспечивают непрерывную и неявную аутентификацию пользователя, собирая поведенческие биометрические данные и характеристики. В статье представлено исследование современных подходов к непрерывной аутентификации пользователей с использованием поведенческих биометрических данных, фиксируемых встроенными датчиками смартфонов, рассмотрены открытые проблемы внедрения, удобства использования и производительности.

Ключевые слова: аутентификация на основе датчиков, непрерывная аутентификация, мобильное зондирование, аутентификация с помощью смартфона.

Современные технологии позволяют быстро улучшать такие характеристики смартфонов, как объем памяти и вычислительных ресурсов, что делает их бесценным инструментом для работы в Интернете и ведущей платформой для общения пользователей и взаимодействия с данными и мультимедиа различных форматов. Более того, современные услуги периферийных и облачных вычислений, доступные пользователям, увеличили зависимость от мобильных устройств в плане мобильности и удобства и произвели революцию в технологиях и методах проведения транзакций [1]. Непрерывная аутентификация пользователя — это неявный процесс проверки подлинности пользователя, основанный на регистрации поведенческих атрибутов с использованием ресурсов и встроенных датчиков мобильного устройства. Пользователи, как правило, вырабатывают отличительные модели поведения при использовании мобильных устройств, которые можно использовать для задачи аутентификации. Эти шаблоны неявно фиксиру-

ются в процессе взаимодействия пользователей со своими устройствами, и представляют собой поведенческие характеристики, вычисляемые на основе потока данных: действия пользователей, информация об окружающей среде и сенсорные данные. Методы непрерывной аутентификации работают в качестве поддержки традиционных способов аутентификации, таких как аутентификация по паролю или биометрическим данным, и могут инициировать процесс повторной аутентификации при обнаружении несанкционированного поведения.

Непрерывная аутентификация давно является областью повышенного интереса, и стала возможной благодаря развитию современных технологий и появлению возможностей создания более точных и специализированных датчиков. Использование методов аутентификации на основе датчиков обеспечивает удобный и эффективный контроль доступа для пользователей. В этой статье рассматриваются последние и современные ме-

тоды непрерывной аутентификации с использованием поведенческой биометрии, состояние и проблемы внедрения этих методов в современных смартфонах.

Традиционные и биометрические подходы. На сегодняшний день поставщики мобильных устройств используют схемы, основанные на знаниях и физиологических биометрических данных, в качестве основных методов доступа к устройству. Подходы, основанные на знаниях, полагаются на знания пользователя; т.е. пользователь должен предоставить определенную информацию, такую как числовой пароль, PIN-код, графическую последовательность или жест изображения [4], чтобы получить доступ к устройству [5]. Несмотря на свою простоту, легкость реализации и приемлемость для пользователей, такие подходы страдают рядом недостатков, таких как неудобство частого повторного входа (особенно когда используемые знания достаточно длинные, чтобы обеспечить надежную защиту) и уязвимость к таким атакам как серфинг через плечо [9]. Другой проблемой аутентификации на основе знаний является исходное предположение о наличии одинаковых требований безопасности для всех приложений (например, доступ к финансовым записям и отправка текстовых сообщений) имеют одинаковый уровень безопасности. Использование аутентификации, основанной на знаниях, на смартфонах не обеспечивает гарантии безопасности для конкретных приложений, особенно учитывая недавнее появление адаптируемой биометрической аутентификации, которая учитывает факторы окружающей среды для адаптации и выбора подходящих датчиков для аутентификации (например, с помощью датчика отпечатков пальцев, когда условия освещения не позволяют распознать лицо) [3]). Даже при использовании более сложных реализаций подходов, основанных на знаниях, например, реализации трехмерных графических паролей [5], которые легче запомнить и, возможно, обеспечивают большее пространство для пароля, они по-прежнему наследуют те же недостатки. В исследовании [9] показано, что графические последовательности (двумерные шаблоны) так же легко предсказать, как и текстовые пароли, поскольку 40% шаблонов начинаются с верхнего левого узла, а большинство пользователей используют пять узлов из девяти. Другой пример сложных схем, основанных на знаниях, представлен в работе [5], который включает в себя изменение цвета шести кругов путем неоднократного прикосновения к ним до семи раз. Как только все цвета кругов соответствуют правильной комбинации, авторизация пользователя подтверждается. Несмотря на то, что это обеспечивает более высокую безопасность (особенно при включении большего количества кругов и цветов), все же требуется запоминание таких сложных комбинаций, что является основным недостатком подходов, основанных на знаниях. Чтобы преодолеть потребность в запоминании сложных комбинаций, в [6] предложены жесты свободной формы

(рисование) в качестве схемы проверки пользователя (пользователи должны вводить любой рисунок любым количеством пальцев). Авторами показано, что использование жестов свободной формы позволило сократить время входа в систему на 22 % по сравнению с текстовыми паролями, сохранив при этом более высокое удобство использования и пространство для поиска. Однако авторы не рассматривали другие проблемы безопасности, такие как серфинг через плечо и smudge-атаки.

Многие исследователи пытались преодолеть основные проблемы аутентификации на основе знаний, сочетая эти методы с методами, основанными на биометрии. Использование биометрической информации повышает как точность, так и удобство использования процесса аутентификации. Такую интеграцию можно осуществить путем измерения динамики нажатия клавиш или жестов при подключении, изменении порядка или выборе изображений [7]. Недостатки подходов к аутентификации на основе знаний побуждают к использованию более надежных и простых схем аутентификации, таких как биометрия. Физиологическая биометрия обеспечивает бесспорную точность аутентификации пользователя с помощью удобного и простого подхода. Например, большинство современных смартфонов оснащены модулем распознавания отпечатков пальцев, что является надежным и экономичным методом аутентификации пользователя [6].

Методы аутентификации на основе физиологической биометрии демонстрируют высокую эффективность, точность и приемлемость для пользователей [12]. Однако все эти методы требуют от пользователя знания технологических особенностей, поскольку пользователь должен взаимодействовать с биометрическим датчиком и знать о процессе сбора биометрических данных. Подобно схемам аутентификации, основанным на знаниях, физиологические биометрические данные, например, по лицу, отпечатку пальца, окологлазной и радужной оболочке глаза, могут обеспечивать аутентификацию в точке входа и не обеспечивают неявной и прозрачной аутентификации.

Очевидно, что методы, основанные на знаниях и физиологических биометрических данных, успешны для проверки пользователей, но они не обеспечивают непрерывной и прозрачной аутентификации. Более того, физиологическая биометрия в основном зависит от аппаратного обеспечения. Поведенческая биометрия демонстрирует более высокий потенциал для удовлетворения всех требований к эффективной системе аутентификации. В дополнение ко всем преимуществам использования поведенческих биометрических данных, они являются подходящим решением для защиты от отката пользователя [1] или в случае отсутствия законного пользователя разблокированного устройства. Эти мно-

гочисленные преимущества аутентификации на основе поведенческой биометрии оказались важными для принятия пользователями (описанный в [11] опрос показал, что 90 % участников исследования отдают предпочтение прозрачной аутентификации на основе поведенческой биометрии). Сегодня наблюдается значительный интерес к использованию различных поведенческих модальностей, таких как динамика нажатия клавиш, сенсорные жесты, движение, голос и т.д. для прозрачной аутентификации пользователей на мобильных устройствах. Наличие датчиков на современных мобильных устройствах сделало возможным работу фоновых приложений, предназначенных для моделирования поведения человека [9], аутентификации пользователя [5], распознавания активности и действий [6], мониторинга состояния здоровья [4].

Для биометрической аутентификации используется несколько модальностей, в том числе физиологическая биометрия (лицо, отпечаток пальца, радужная оболочка и т.д.) и поведенческая биометрия (динамика нажатия клавиш, сенсорные жесты, голос, движения и т.д.). Все эти способы становятся возможными благодаря встроенным мобильным датчикам, например, камере, микрофону, акселерометрам и гироскопам, которые участвуют в фазе регистрации и верификационной части процесса аутентификации. Такие датчики предоставляют достаточную информацию для точной и безопасной аутентификации [6]. Вопросы реализации «биометрии на ходу» рассмотрены в [4].

Существует два распространенных подхода к регистрации пользователей в системе аутентификации пользователей. Для простоты мы классифицируем методы регистрации на регистрацию на основе шаблона и регистрацию на основе модели. Для регистрации на основе шаблона пользователь отправляет несколько образцов, чтобы зарегистрировать шаблоны для будущего сравнения. Это достаточно популярный метод аутентификации с использованием физиологической биометрии, в которой признаки могут быть более устойчивыми к внутриклассовым вариациям, а также более отличительными и масштабируемыми для большой совокупности.

После регистрации шаблонов пользователей применяется основанный на сходстве метод для проверки пользователей на соответствие определенным пороговым значениям. Для улучшения качества важны надежность функций определения пользователя и обеспечение удаления статистических выбросов, а снижение избыточности факторов — для увеличения производительности. Кроме того, необходимо обеспечить безопасность и конфиденциальность шаблонов пользователей, как непосредственно во время самого процесса регистрации шаблона, но и во время хранения, извлечения и обработки для аутентификации пользователя.

При регистрации на основе модели биометрические данные пользователей собираются для обучения модели машинного обучения для аутентификации пользователя, где модель аутентификации решает, принадлежат ли входные данные законному пользователю. Общие подходы к машинному обучению используются для создания пользовательских моделей, включая сбор и предварительную обработку данных, извлечение и выбор признаков, а также моделирование. Наиболее эффективные методы включают в себя оценку признаков и процесс их отбора, чтобы выделить наиболее отличительные признаки среди большой совокупности. В последнее время подходы на основе моделей набирают успех для задачи аутентификации пользователя. Однако для эффективного внедрения необходимо решить несколько проблем, таких как размер собираемых данных, время обучения, размер модели и устойчивость к возможным атакам злоумышленников.

После регистрации пользователя система проверяет его подлинность на основе извлеченных признаков. Проверка может осуществляться в точке входа и непрерывно в течение сеанса использования. Для непрерывной аутентификации процесс проверки пользователя происходит периодически, чтобы сохранить доступ законному пользователю и запретить доступ мошенникам. Частота проверки должна быть тщательно подобрана, чтобы обеспечить достаточное количество и качество биометрических данных, а также сбалансировать потребление энергии. В зависимости от подхода к регистрации алгоритм аутентификации следует схеме, основанной на сходстве или вероятности, для проверки пользователя. Методы на основе сходства используются для измерения сходства входных данных по сравнению с сохраненным шаблоном для определенного пользователя. Традиционно проверка подразумевает совпадение заданных данных с сохраненным шаблоном с учетом допустимого порогового отклонения. Система аутентификации отвечает за предоставление доступа законному пользователю при предоставлении им биометрических данных, которые соответствуют предполагаемому шаблону с проверкой подобию выше заранее определенного порогового значения. Порог используется для учета ошибок и отклонений значений признаков, которые могут повлиять на считывание или вычисление биометрических данных.

Быстрое развитие мобильных технологий за последние годы увеличило производительность смартфонов в несколько раз. Вычислительные возможности мобильных устройств, использующих многоядерные процессоры, графические процессоры и гигабайты памяти, сопоставимы с возможностями обычных настольных компьютеров. Устройства аппаратного ускорения, доступные на большинстве платформ чипсетов смартфонов (например, Qualcomm, HiSilicon, MediaTek и Samsung), позволяют запускать на смартфонах слож-

ные приложения, выходящие далеко за рамки стандартных и встроенных функций телефона. Современные смартфоны оснащены различными датчиками, например, датчиками движения, датчиками окружающей среды и датчиками положения, которые могут обеспечить точное профилирование использования для повышения удобства работы пользователей. Хотя стандартные приложения сталкиваются с меньшим количеством проблем при таких возможностях технологий, существует множество требований к производительности и проблем, связанных с внедрением непрерывной аутентификации на основе поведения на смартфонах, особенно при использовании подходов машинного обучения.

Доступность преимуществ встроенных модулей ускорения обработки информации играет ключевую роль в разработке методов непрерывной аутентификации. Однако, несмотря на то что текущие вычислительные мощности и объем памяти смартфонов позволяют сопоставлять входные данные с моделью, этап регистрации признаков может быть сложной задачей и может потре-

бовать этапа обучения на стороне сервера. Эффективная реализация метода аутентификации на основе поведенческих биометрических данных должна учитывать независимую от аппаратного и программного обеспечения работу и различия в сетевом подключении, чтобы обеспечить успешное внедрение системы.

Большинство встроенных методов аутентификации представлены на базовом уровне, поскольку непрерывная неявная аутентификация все еще развивается, чтобы соответствовать определенному уровню стандартов. Препятствием для массового производства встроенных возможностей аутентификации в смартфонах является то, что они должны соответствовать высоким стандартам безопасности (например, FAR 0,01 % в Европейском Союзе).

Разработанный с участием автора статьи способ непрерывной аутентификации пользователя многофункционального мобильного электронного устройства, учитывающий возможности современных технологий, описан в [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaspersky Lab has calculated how many times hackers have tried to steal passwords from Russians. URL: <https://clck.ru/32kJ6s>.
2. What is Multi-factor Authentication (MFA)? URL: <https://clck.ru/32kJ8w>.
3. Кузьминых Е.С., Маслова М.А. Анализ и сравнение биометрических способов идентификации личности человека // Научный результат. Информационные технологии. — 2021. — Т. 6. — № 4. — С. 13–19.
4. Девицына С.Н., Елецкая Т.А., Балабанова Т.Н., Гахова Н.Н. Разработка интеллектуальной системы биометрической идентификации пользователя // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. № 1. С. 148–160.
5. Fedotov A.S. Basic principles of implementing multi-factor authentication // 67th Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates, April 18–23, Minsk: collection of scientific papers: at 4 h. h. 4.
6. Маслова М.А. Анализ и определение рисков информационной безопасности // Научный результат. Информационные технологии. — 2019. — Т. 4. — № 1. — С. 31–37.
7. Troshkov A.M., Kondrashov A.V., Kondrashov Yu.V., Khlobystin N.S., Krylova L.A. Biometric characteristics of identity authentication and their protection system // Questions of defense technology. Series 16: Technical means of countering terrorism. Founders: Scientific and Production Association of Special Materials, FSUE «Scientific and Technical Center «Informtechnika» ISSN: 2306–1456.
8. Герасимов В.М., Маслова М.А. Возможные угрозы и атаки на систему голосовой идентификации пользователя // Научный результат. Информационные технологии. — 2022. — Т. 7. — № 1. — С. 32–37.
9. Bardaev S.E. Multifactorial biometric threshold cryptosystem // Izvestiya SFU. Technical sciences. Founders: Southern Federal University ISSN: 1999-9429eISSN: 2311–3103
10. Devitsyna S., Eletskaia T., Meshkov A.V. Developing facial recognition software to control access to campus facilities sbornik: CEUR Workshop Proceedings. 2. Ser. «InnoCSE 2019 — Proceedings of the 2nd Workshop on Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education» 2019. P. 68–76.
11. Krotov A.V., Kutuzov A.V. Application of multi-factor authentication in order to protect EUT funds from unauthorized access // Modern scientific research and innovation. 2021. № 3.
12. Bogdanov D.S., Klyuev S.G. Classification and comparative analysis of multifactor authentication technologies in web applications // Modeling, optimization and information technology. Founders: Voronezh Institute of High Technologies eISSN: 2310–6018
13. Types Of Biometrics: A Complete Guide. URL: <https://clck.ru/32knZ3>.
14. Надейкина В.С., Лагуткина Т.В. АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ // Научный результат. Информационные технологии. — 2022. — Т. 7. — № 4. — С. 59–66.
15. Маслова М.А., Костиков В.А. Использование системы голосовой идентификации в качестве дополнительной защиты пользователя // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2021. — № 4. — С. 223.
16. Бугаков А.И., Бугаков И.А., Царьков А.Н., Шульга М.М. Способ защиты электронного многофункционального мобильного устройства от несанкционированного доступа. Заявка на выдачу патента № 2022126590/07(058037) от 11.10.2022. Заявитель: АНО «Институт инженерной физики».

© Шульга Михаил Михайлович (mmshulga@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВНУТРИМАТОЧНОЕ ВВЕДЕНИЕ ЛОНГИДАЗЫ С ЦЕЛЬЮ ПРОФИЛАКТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВНУТРИМАТОЧНЫХ СИНЕХИЙ ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ УСТЬЕВ МАТОЧНЫХ ТРУБ ПОСЛЕ ГИСТЕРОСКОПИЧЕСКОЙ АБЛАЦИИ ПОЛОСТИ МАТКИ ПО ПОВОДУ ГИПЕРПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ПАЦИЕНТОК МЕНОПАУЗАЛЬНОГО ПЕРИОДА

Григорян Нонна Самвеловна

Врач акушер-гинеколог,
гинекологическое отделение ГБУЗ ККБ2 г. Краснодар
gr.nonna@mail.ru

**INTRAUTERINE ADMINISTRATION
OF LONGIDASE IN ORDER TO PREVENT
THE FORMATION OF INTRAUTERINE
SYNECHIAE FOR POSSIBLE CONTROL
OF THE CONDITION OF THE FALLOPIAN
TUBE MOUTHS AFTER HYSTEROSCOPIC
ABLATION OF THE UTERINE CAVITY DUE
TO HYPERPLASTIC PROCESSES
IN MENOPAUSAL PATIENTS**

N. Grigoryan

Summary. Destruction of the endometrium due to trauma to the basal layer of the endometrium can cause intrauterine adhesions known as Asherman's syndrome (AS). There are various types of imaging modalities for diagnosing intrauterine adhesions, such as hysterosalpingography, sonohysterography, ultrasonography, and hysteroscopy, which are considered the gold standard. A hysterosalpingogram may indicate the presence of intrauterine adhesions and may reveal the extent of scar formation. It is scientifically proven that the confirmed Asherman's syndrome not only has a negative impact on the reproductive function of a woman, but also worsens the quality of life, initiates the appearance of many painful symptoms, so there is a need to use the most effective means of preventing the formation of intrauterine synechia (one of which is Longidase).

Keywords: hysterosalpingography, adhesive process, intrauterine synechia, injection of longidase.

Аннотация. Разрушение эндометрия из-за травмы базального слоя эндометрия может вызвать внутриматочные спайки, известные как синдром Ашермана (АС). Существуют различные типы методов визуализации для диагностики внутриматочных спаек, такие как гистеросальпингография, соногистерография, ультразвукография и гистероскопия, которые считаются золотым стандартом. Гистеросальпингограмма может свидетельствовать о наличии внутриматочных спаек и может выявить степень формирования рубца. Научно доказанным является тот факт, что подтвержденный синдром Ашермана не только оказывает негативное влияние на репродуктивную функцию женщины, но и ухудшает качество жизни, инициирует появление множества болезненных симптомов, таким образом возникает необходимость применения эффективнейших средств профилактики образования внутриматочных синехий (одним из которых является Лонгидаза).

Ключевые слова: гистеросальпингография, спаечный процесс, внутриматочные синехии, введение лонгидазы.

Синдром Ашермана (АС) был впервые описан Генрихом Фричем в 1894 году [1], затем он был дополнительно охарактеризован гинекологом Джозефом Ашерманом в 1950 году [2]. Это приобретенное состояние матки характеризуется широким спектром частичного сращения (возникающего в каком-либо отделе матки) до полного сращения (передняя и задняя стенки матки слипаются друг с другом) в полости матки за счет рубцов. Его также называют следующим образом: маточ-

ные синехии, внутриматочные спайки (ВМА), маточная/цервикальная атрезия, травматическая атрофия матки и склеротическая эндометриома [3].

Травма базального слоя вследствие дилатации и выскабливания, после выкидыша, родов и медикаментозного аборта являются наиболее распространенными факторами для АС [4]. Другими факторами, вызывающими это состояние, являются следующие: тазовые операции, такие как кесарево сечение

и миомэктомия, внутриматочные спирали (ВМС), тазовые инфекции, такие как шistosомоз и генитальный туберкулез, а также после операции по поводу мюллеровых аномалий [5]. Инфекция даже в слабовыраженной или субклинической форме всегда связана с рубцеванием [6].

Существуют различные системы классификации для описания АС. Были разработаны системы классификации для описания локализации и степени тяжести спаек внутри матки. Например, легкие случаи со спайками, ограниченными шейкой матки, могут сопровождаться аменореей и бесплодием. Это показывает, что одни симптомы не указывают на тяжесть состояния.

Ранняя диагностика и соответствующее лечение путем удаления спаек улучшают репродуктивный исход у женщин с бесплодием и устраняют осложнения, связанные с аномальными маточными кровотечениями (АМК). После удаления маточных спаек от легкой до умеренной степени пациенты имеют от 70 до 80 % доношенных беременностей, в то время как нормальные менструации восстанавливаются более чем у 90 % пациенток [10]. Если внутриматочные спайки являются тяжелыми или вызывают обширное повреждение слизистой оболочки эндометрия, показатели успеха доношенной беременности после лечения составляют всего от 20 до 40 %.

При АС деструкция эндометрия вызывает образование рубца в эндометрии с последующим быстрым распространением полосы рубцовой ткани или синехий в полость матки. Рубцевание может быть незначительным, поражающим небольшой участок стенки матки, или обширным с диффузным поражением и облитерацией полости матки. Синехии могут быть обнаружены в любом месте полости матки. Они также могут вовлекать соседние структуры, вызывая стеноз устьев маточных труб в области роговицы или стеноз эндоцервикального канала вблизи внутреннего цервикального канала [14].

Симптомы, связанные с АС, следующие: бесплодие, повторяющееся невынашивание беременности, нарушение менструального цикла, особенно аменорея, а также циклическая тазовая боль, указывающая на то, что менструация происходит, но кровь не может выйти из матки, поскольку шейка матки заблокирована спайками.

Американское общество фертильности (AFS) классифицирует вовлечение внутриматочных синехий, применяя комбинацию гистеросальпингографических, гистероскопических и менструальных изменений [11] следующим образом: легкая (спайка занимает четверть полости матки), умеренная (спайка занимает половину полости матки) и тяжелая (спайки, охватывающие три четверти и более полости матки). Кроме того, стадия заболевания определяется обширностью поражения эн-

дометриальной полости (спайки по всей матке или только на небольшом участке), типом спаек (плотные или рыхлые) и характером менструального цикла.

АС выявляют с помощью следующих методик: двумерного УЗИ (2DUS) и 3DUS, трансвагинальной сонографии (TVS), гистросонографии, гистеросальпингографии (HSG), а также гистероскопии. Гистероскопия является золотым стандартом диагностики тяжелых внутриматочных спаек [5].

Помимо опасности, которую несет спаечный процесс для репродуктивной функции, патология нарушает качество жизни женщины, усложняет ход оперативных вмешательств, приводит к повторным госпитализациям, увеличивает расходы на лечение и удлиняет его. Нередко пациентки не знают, что имеют синехии в полости матки, так как не во всех случаях вовремя удается диагностировать процесс. Спаечный процесс в полости матки не является распространенной патологией среди женщин, однако, его наличие создает ряд трудностей во многих жизненных аспектах. Специалисты отмечают увеличение случаев находок синехий в полости матки в последние годы. Возможно, это связано с ростом таких хронических инфекций, как хламидиоз, генитальный герпес, мико и уреоплазмоз. Такие заболевания зачастую протекают с вялотекущей клиникой, но ведут к выраженным патологическим изменениям эндометрия, в том числе и к синехиям.

После диагностических процедур, когда становится понятным, где локализируются в матке синехии, какова выраженность патологического процесса, выбирается тактика лечения. Помимо этого, учитываются репродуктивные планы пациентки. Целью лечения являются восстановление объема и формы органа, нормализация структуры эндометрия. Золотым стандартом в лечении синехий матки является хирургическая гистероскопия. Но зачастую диагностика патологии сразу же сопровождается рассечением синехий. Гинекологи стремятся к минимальному количеству вмешательств на матке, так как любая манипуляция на внутреннем слое повышает риски активизации макрофагов и разрастания соединительной ткани. В процессе гистерорезектоскопии удается достичь следующего: рассечь тубусом гистероскопа тонкие синехии, контролировать весь процесс благодаря видеоборудованию, применить прицельно хирургические ножницы, монополярную или биполярную энергию, Nd-YAG лазер для рассечения плотных спаек, параллельно применить УЗИ, рентген, лапароскопию для полноценного рассечения, а также для профилактики и своевременной ликвидации осложнений (перфорация матки, сосудов, кровотечение).

Из указанного становится понятным, что к выбору клиники с целью рассечения синехий следует подойти

довольно скрупулезно. Лечебное учреждение должно быть оснащено всем необходимым оборудованием, а специалисты иметь опыт. После рассечения синехий в полости матки применяется дальнейшая терапия в виде следующих методов и средств: препараты эстрогенов (Дивигель, Прогинова) в комбинации или без с гестагенами (Норколут, Утрожестан, Дюфастон), внутриматочные противоспаечные катетеры (катетер Фолея) и барьеры (баллонные стенты), стволовые клетки. Помимо этого, используется гиалуроновая кислота, ферментные средства (Вобэнзим, Лонгидаза), антибиотики и иммуномодуляторы.

В последние годы в клиническую практику внедрен препарат Лонгидаза (НПО «ПетроваксФарм», Россия), являющийся конъюгатом гиалуронидазы с высокомолекулярным носителем полиоксидонием. Эта пролонгированная термостабильная форма гиалуронидазы устойчива к действию тканевых ферментов, обладает дополнительной активностью как иммуномодулятор, детоксикант, антиоксидант с умеренно выраженными противовоспалительными свойствами.

Рабау Э., Дэвид А. проводили исследование по вопросу введения лонгидазы с целью профилактики образования внутриматочных синехий для возможного контроля состояния устьев маточных труб после гистероскопической аблации полости матки по поводу гиперпластических процессов у пациенток менопаузального периода [6]. Под наблюдением находились 50 пациенток диагнозом ХЭ, верифицированным по результатам диагностической гистероскопии, ультразвукового исследования (УЗИ) органов малого таза и патоморфологического исследования биоптатов эндометрия. У 27 (54 %) женщин на фоне ХЭ выявлены внутриматочные синехии, у 18 (36 %) — полипы эндометрия и простая очаговая гиперплазия эндометрия. При клиническом обследовании пациенток жалобы на болевой синдром внизу живота предъявляли 42 (84 %) женщины.

Всем пациенткам в комплекс лечебных мероприятий включали Лонгидазу по 3000 МЕ в 2 мл физиологического раствора внутримышечно, начиная со 2-х суток после оперативного лечения и далее с интервалом 4 дня, всего 10 инъекций. Оценку эффективности комплексной терапии осуществляли по следующим критериям: динамика жалоб и клинических проявлений заболевания; состояние полости матки и эндометрия по результатам УЗИ, повторной гистероскопии и эхогистероскопии. Длительность наблюдения пациенток составила 4–12 мес.

В процессе наблюдения большинство пациенток указывали на хорошую переносимость Лонгидазы. В результате проведенной терапии все пациентки отметили субъективное улучшение общего состояния — исчезли «тянущие» боли внизу живота, уменьшился объем кро-

вопотери. Нормализация экзогенности зоны соприкосновения эндометрия и базальной пластинки эндометрия выявлена у 88,9 % с ХЭ и полипами эндометрия, а исчезновение «прерывистости» эхосигнала от эндометрия выявлено у 95,7 % пациенток с внутриматочными синехиями. При динамическом УЗИ-мониторинге гиперэхогенные включения в базальном слое эндометрия сохранялись только у 2 пациенток, а прерывистость эхосигнала от эндометрия — только у 1 пациентки. Эхогистеросальпингоскопия произведена 12 женщинам с внутриматочными синехиями I–II степени: у всех пациенток полость матки была правильной формы без патологических изменений, маточные трубы проходимы у 10 женщин, у 2 пациенток выявлен гидросальпинкс одной трубы. Гистероскопия произведена 9 пациенткам с внутриматочными синехиями II–III степени, в том числе 5 женщинам, которым ранее было произведено до 4 неэффективных попыток разрушения синехий. В результате контрольной гистероскопии было установлено, что у 8 женщин полость матки была правильной формы, без деформаций, и только у 1 пациентки (оперированной ранее по поводу множественных внутриматочных синехий III степени) в дне матки были обнаружены соединительно-тканые сращения — возможно, не рассечены полностью при проведенном ранее вмешательстве.

Терапия ХЭ является сложной клинической задачей в связи с множественностью патогенетических звеньев патологического процесса. Длительная персистенция инфекционного агента, существенное изменение параметров общего и местного иммунитета у пациенток обуславливают декомпенсацию регуляторных механизмов локального гомеостаза с формированием многоуровневых патоморфологических изменений эндометрия. Реакция на проводимую антибактериальную терапию у этих пациенток, как правило, недостаточно эффективна или извращена. В связи с этим представляется целесообразным включение в комплекс лечебных мероприятий при хроническом эндометрите препаратов иммуномодулирующего действия и энзимных средств, улучшающих локальную гемодинамику, способствующих повышению биодоступности лекарственных средств в очаг воспаления [5].

Преимуществом примененного препарата Лонгидаза является удачное сочетание в этом лекарственном средстве фермента гиалуронидазы и иммуномодулятора полиоксидония, что существенно увеличивает терапевтический эффект ферментного препарата и обеспечивает дополнительное иммуномодулирующее, противовоспалительное и хелатирующее действие фармакологического средства. Нами зарегистрирован хороший лечебный эффект сочетанного применения Лонгидазы и стандартной терапии (антибактериальные препараты, метронидазол, нестероидные противовоспалительные препараты).

У подавляющего большинства пациенток (рассмотренного исследования) исчезли жалобы, купировались клинические проявления ХЭ. По данным инструментального контроля (УЗИ, эхогистеросальпингоскопия, гистероскопия), после проведенной терапии зарегистрирована нормализация морфофункционального состояния эндометрия, в том числе и у пациенток, перенесших повторные рассечения внутриматочных сращений.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о целесообразности применения Лонгидазы в комплексе терапии у пациенток с внутриматочными синехиями, очаговой гиперплазией эндометрия воспалительного генеза, после разрушения фиброзных внутриматочных сращений. Включение Лонгидазы в комплекс реабилитационной терапии повышает клиническую эффективность лечения хронических воспалительных процессов эндометрия, способствует восстановлению морфофункционального состояния эндометрия.

Лонгидаза обладает хорошей переносимостью и способствует существенному улучшению качества жизни пациенток с хроническими воспалительными заболеваниями и фиброзными изменениями эндометрия.

Выводы

1. Лонгидаза обладает хорошей переносимостью, препарат эффективен в комплексной с антибактериальными средствами терапии хронических воспалительных процессов эндометрия.
2. Использование Лонгидазы способствует восстановлению морфофункционального состояния эндометрия, о чем свидетельствует нормализация эхоструктуры эндометрия при динамическом УЗИ-мониторинге менструального цикла.
3. Эффективно включение Лонгидазы в комплекс лечебных мероприятий у пациенток после разрушения внутриматочных синехий, гиперпластических процессов эндометрия воспалительного генеза.
4. Сочетанное применение Лонгидазы и дифференцированной гормональной терапии эффективно при маточных факторах бесплодия у пациенток, планирующих реализацию генеративной функции, в том числе с помощью вспомогательных репродуктивных технологий.
5. Включение Лонгидазы в комплексную этапную терапию хронических воспалительных заболеваний и фиброзных изменений эндометрия способствует восстановлению качества жизни пациенток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fritsch H. Ein Fall von volligem Schwaund der Gebarmutterhohle nach Auskratzung. *Центральный Гинеколог*. 2021 г.; 18: 1337–1342. [Академия Google]
2. Ашерман Дж.Г. Травматические внутриматочные спайки. *J Obstet Gynaecol Br Em*. 2019 г.; 57 (6): 892–896. [PubMed] [Академия Google]
3. Toaff R, Ballas S. Травматическая гипоменорея-аменорея (синдром Ашермана) Fertil Steril. 2019 год; 30 (4): 379–387. [PubMed] [Академия Google]
4. Hriack H, Akin O, Sala E, Ascher SM, Levine D. Диагностическая визуализация в гинекологии. 1-е изд. Эмирис Инк; Силт-Лейк-Сити, Юта: 2020. стр. 68–77. [Академия Google]
5. Март См. Синдром Ашермана. *Семина репрод мед*. 2021 г.; 29 (2): 83–94. [PubMed] [Академия Google]
6. Рабау Э., Дэвид А. Внутриматочные спайки, этиология, профилактика и лечение. *Акушерство Гинекол*. 2019 год; 22: 626–629. [PubMed] [Академия Google]
7. Адони А., Палти З., Милвидски А., Долберг М. Частота внутриматочных спаек после самопроизвольного аборта. *Инт Дж. Фертил*. 2018 год; 27 (2): 117–118. [PubMed] [Академия Google]
8. Westendorp IC, Ankum WM, Mol BW, Vonk J. Распространенность синдрома Ашермана после вторичного удаления остатков плаценты или повторного выскабливания по поводу неполного аборта. *Хум Репрод*. 2021 год; 13 (12): 3347–3350. [PubMed] [Академия Google]
9. Buttram VC Jr, Turati G. Маточные синехии: различия в степени тяжести и некоторые состояния, которые могут способствовать развитию тяжелых спаек. *Инт Дж. Фертил*. 2019 год; 22 (2): 98–103. [PubMed] [Академия Google]
10. Родитель Б., Барбот Дж., Дюбюиссон Дж. Б. Синехии матки (на французском языке) *Encycl Med Chir Gynecol*. 2021 год; 140A (Дополнение): 10–12. [Академия Google]
11. Фридлер С., Маргалиот Э.Дж., Кафка И., Яффе Х. Частота внутриматочных спаек после аборта, оцененная с помощью гистероскопии — проспективное исследование. *Хум Репрод*. 2019 год; 8 (3): 442–444. [PubMed] [Академия Google]
12. Валле Р.Ф., Скиарра Дж.Дж. Внутриматочные спайки: гистероскопическая диагностика, классификация, лечение и репродуктивный исход. *Am J Obstet Gynecol*. 2020 год; 158 (6 ч. 1): 1459–1470. [PubMed] [Академия Google]
13. Преуттипан С., Линасмита В. Проспективное сравнительное исследование гистеросальпингографии и гистероскопии в выявлении внутриматочной патологии у пациенток в период менопаузы. *J Obstet Gynaecol Res*. 2021 г.; 29 (1): 33–37. [PubMed] [Академия Google]

© Григорян Нонна Самвеловна (gr.nonna@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕЕВОЙ СИСТЕМЫ VENASEAL (VENASEAL CLOSURE SYSTEM, ПРОИЗВОДСТВО MEDTRONIC США) ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВАРИКОЗНОЙ БОЛЕЗНИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

THE USE OF THE ADHESIVE SYSTEM VENASEAL (VENASEAL CLOSURE SYSTEM, MEDTRONIC USA) IN THE VARICOSE VEINS OF THE LOWER EXTREMITIES TREATMENT

A. Ghazaryan

Summary. Relevance. The prevalence of varicose veins in the lower extremities currently ranges from 5 % to 30 %. It is noted that due to the general trend of population aging and an increase in the number of obese people, an increase in varicose veins among the adult population is expected, which determines the relevance of finding the most effective methods of treatment. *Purpose:* to determine the possibilities and prospects of using the VenaSeal adhesive system in the treatment of varicose veins of the lower extremities. *Objectives:* to analyze current data regarding the prospects for use and possible limitations of the method of saphenous vein ablation with the VenaSeal™ adhesive system. *Materials and methods:* search in the scientific research databases Pubmed, e-Library, Google Scholar of publications over the past 5 years for the following keywords: varicose veins of the lower extremities, VenaSeal™, treatment of varicose veins of the lower extremities. *Scientific novelty.* For the first time, a comprehensive analysis of the effectiveness and possible side effects of the use of the VenaSeal™ adhesive system in the treatment of varicose veins of the lower extremities was performed. *Practical significance.* The effectiveness of using the VenaSeal™ adhesive system as a method of minimally invasive surgery in the treatment of varicose veins of the lower extremities has been proven, the main adverse reactions and the possibilities for their prevention have been identified.

Keywords: varicose veins, varicose veins of the lower extremities, treatment of varicose veins, VenaSeal™ adhesive system.

Казарян Арбак Валерьевич

Аспирант, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна
arbakghazaryan@mail.ru

Аннотация. Актуальность. Распространенность варикозного расширения вен нижних конечностей в настоящее время колеблется от 5 % до 30 %. Отмечается, что в связи с общей тенденцией старения населения и увеличения числа лиц, страдающих ожирением, ожидается рост варикозной болезни среди взрослого населения, что определяет актуальность поиска наиболее эффективных методов лечения. *Цель:* определить возможности и перспективность применения клеевой системы VenaSeal при лечении варикозной болезни нижних конечностей. *Задачи:* анализ современных данных, касающихся перспективности применения и возможных ограничений метода абляции подкожных вен клеевой системой VenaSeal™. *Материалы и методы:* поиск в научных базах исследований Pubmed, e-Library, Google Scholar публикаций за последние 5 лет по следующим ключевым словам: варикозная болезнь нижних конечностей, VenaSeal™, лечение варикозной болезни нижних конечностей. *Научная новизна.* Впервые был выполнен комплексный анализ эффективности и возможных побочных эффектов применения клеевой системы VenaSeal™ при лечении варикозного расширения вен нижних конечностей. *Практическая значимость.* Доказана эффективность использования клеевой системы VenaSeal™ в качестве метода малоинвазивной хирургии при лечении варикозного расширения вен нижних конечностей, определены основные нежелательные реакции и возможности их предупреждения.

Ключевые слова: варикозное расширение вен, варикозная болезнь нижних конечностей, лечение варикозной болезни, клеевая система VenaSeal™.

Введение

Хронические заболевания вен поражают миллионы людей по всему миру, причем у большинства пациентов данное заболевание диагностируют уже на поздних стадиях. Предполагаемая распространенность варикозного расширения вен колеблется от 5 % до 30 % среди взрослого населения, с преобладанием встречаемости среди женщин (соотношение пациенток-женщин и пациентов-мужчин с варикозным заболеванием вен нижних конечностей 3:1). Факторы риска развития варикозной болезни включают семейный анамнез венозных заболеваний, возраст, хронически повышен-

ное внутрибрюшинное давление вследствие ожирения, хронического запора, беременности или опухоли. В качестве факторов риска выделяют также наличие в анамнезе травмы ноги, флебит, сидячая работа, или длительное стояние [5, 6, 9].

Под варикозным расширением вен понимают расширение подкожных вен не менее 3 мм в диаметре при измерении их в вертикальном положении пациента. Это составная часть континуума хронических венозных заболеваний, начиная от тонких телеангиэктазий, называемых также сосудистыми звездочками (диаметром менее 1 мм) и ретикулярных вен (диаметром от 1 до 3 мм),

до хронической венозной недостаточности, сопровождающейся отеками, гиперпигментацией и венозными язвами. Симптомы варикозного расширения вен включают ощущение тяжести, боли, зуда или жжения; при длительном стоянии эти симптомы ухудшаются, что может значительно снизить качество жизни пациента [1, 2, 7, 17]. Варикозное расширение вен нижних конечностей может быть связано с потенциально опасными клиническими состояниями, такими как хронические венозные изъязвления, венозные тромбозы и кровотечения из варикозно расширенных вен с нарушенной целостностью стенок [11, 16].

Патофизиология венозных заболеваний сложна и к настоящему времени относительно плохо изучена. Известно, что воспаление играет центральную роль в развитии и прогрессировании заболевания. Механически проявляемая гемодинамическая дисфункция в виде артериальной гипертензии вызывает клапанный рефлюкс, наличие которого в свою очередь определяет развитие гемостаза или скопление крови в нижних конечностях. Указанные процессы запускают ремоделирование венозной стенки и местное воспаление. Предполагается, что высокое венозное давление вызывает напряжение сдвига, ощущаемое эндотелиальными клетками. В ответ высвобождаются факторы роста (фактор роста эндотелия сосудов, фактор роста тромбоцитов, трансформирующий фактор роста — бета-1), стимулирующие пролиферацию гладкомышечных клеток сосудов. Дополнительно эндотелиальные клетки активируют выработку молекул адгезии, способствующих миграции и прикреплению лейкоцитов. В результате наблюдается нарушение гомеостаза коллагена, которое вызывает варикозное расширение вен; вены становятся менее эластичными и не способными поддерживать структурную конформацию во время кровотока под высоким давлением [2, 3, 4, 8].

Прогнозируется рост уровня заболеваемости варикозного расширения вен нижних конечностей, вследствие быстрого увеличения распространенности основных факторов риска данного заболевания — возраста и ожирения [12, 15], что требует поиска наиболее эффективных методов лечения. Основной целью лечения варикозного расширения вен нижних конечностей является уменьшение симптомов данного заболевания (тяжести, болей в ногах, отеков) и улучшение качества жизни пациентов [3]. При этом отмечается, что традиционные хирургические вмешательства при лечении варикозной болезни характеризуются высокой травматичностью и длительным периодом послеоперационной нетрудоспособности [18]. Соответствующие изменения образа жизни и уход, включающий лечение веноактивными препаратами, могут замедлить прогрессирование варикозного расширения вен нижних конечностей, что способствует предупреждению прогрессирования заболевания и его осложнений, профилактике рецидива

заболевания, а также улучшению качества жизни и снижению возможных расходов на здравоохранение [13, 19]. В настоящее время существуют различные подходы к лечению варикозного расширения вен нижних конечностей, такие как эндоваскулярное лечение, хирургическое вмешательство, лечение травами и др. Все виды лечения направлены на улучшение качества жизни пациента и снижение выраженности вторичных осложнений варикозного расширения вен [10, 14]. Развитие малоинвазивных технологий в лечении варикозного расширения вен нижних конечностей рассматривается в качестве основного перспективного направления метода лечения данной патологии, который характеризуется минимальной инвазивностью, относительной безопасностью и простотой технологии в сочетании с удовлетворенностью пациентов и высокими показателями окклюзии [24, 25, 26, 27, 28, 29]. Отмечается, в частности, что эндовенозная абляция варикозно-расширенных вен нижних конечностей в сочетании с компрессией улучшает показатели заживления язв нижних конечностей по сравнению с компрессией и является экономически эффективным на протяжении 1 года после выполнения вмешательства [30, 31].

Цель исследования — определить возможности и перспективность применения клеевой системы VenaSeal™ при лечении варикозной болезни нижних конечностей.

Материалы и методы

С целью анализа данных исследований, выполненных к настоящему времени и посвященных вопросам лечения варикозной болезни вен нижних конечностей при помощи клеевой системы VenaSeal™ нами был осуществлен поиск в научных базах исследований Pubmed, e-Library, Google Scholar публикаций за последние 5 лет по следующим ключевым словам: варикозная болезнь нижних конечностей, VenaSeal™, лечение варикозной болезни нижних конечностей.

Обсуждение и результаты

Клеевая система VenaSeal™ (VenaSeal™ Closure System, Производство Medtronic США) разработана для постоянного полного закрытия (абляции) просвета большой подкожной вены и связанных с ней варикозно-расширенных вен посредством метода внутрисосудистого склеивания при лечении варикозной болезни вен нижних конечностей. Это тканевый клей цианакрилат (n-бутилцианокрилат), который при помощи шприца и катетера вводится в пораженную вену, достаточно быстро ее склеивая. При соединении с кровью клей полимеризуется, вследствие чего возникает окклюзия вены. Данный продукт имеет эластичность после полимеризации и не заметен после процедуры. Кроме того, при

введении клеевой системы VenaSeal™ отсутствует опасность термического повреждения близлежащих тканей, процедура проводится без тумесцентной анестезии, а после операции не требуется ношение послеоперационного компрессионного трикотажа [20, 21, 22, 45, 52].

В настоящее время активно исследуются возможности и последствия использования клеевой системы VenaSeal™ в качестве метода лечения варикозного расширения вен нижних конечностей. Анализируются возможные факторы риска и возможности побочных реакций организма пациентов при абляции вен нижних конечностей при помощи данной клеевой системы.

Множество исследований показали эффективность лечения варикозного расширения вен нижних конечностей при помощи препарата VenaSeal™, рассматриваемого в качестве безопасной и эффективной инновационной методики [35, 36, 38, 39, 40, 53]. I. Park (2017) [34] K. Gibson et al. (2017, 2019) исследовали последствия применения метода абляции цианоакрилатом с помощью системы VenaSeal™ у 50 пациентов с симптоматической недостаточностью большой подкожной вены, малой подкожной вены и/или добавочной подкожной вены. Пациенты после выполненного вмешательства не использовали компрессионный трикотаж и любые другие сопутствующие процедуры. Оценка состояния пациентов выполнялась через 1 неделю, 1 и 3 месяца и включала дуплексное ультразвуковое исследование, использование числовой шкалы оценки боли, шкалу клинической тяжести вен, Абердинский опросник варикозного расширения вен, с учетом времени, потребовавшегося пациенту для возвращения к работе и нормальной жизнедеятельности. Согласно полученным результатам, была доказана высокая эффективность применения данного метода лечения варикозного расширения вен нижних конечностей. Показано, что частота закрытия после введения клеевой системы VenaSeal™ была высокой даже при отсутствии использования компрессионных чулок или лечения боковых ответвлений. Кроме того, отмечено улучшение качества жизни пациентов, с одновременным снижением потребности и объемов сопутствующих процедур лечения варикозного расширения вен нижних конечностей [32, 33]. Результаты исследования T. Y. Tang et al. (2021) показали хорошую переносимость процедуры и слабую выраженность перипроцедурной боли (средний балл боли составил 2,9 из возможного диапазона 0-9), со значительными улучшениями качества жизни как через 3 месяца после вмешательства [37], так и спустя 12 месяцев после процедуры [49]. Исследование K. Gibson et al. (2018), посвященное анализу состояния пациентов, перенесших 24 месяцами ранее лечение варикозного расширения вен нижних конечностей путем применения клеевой системы VenaSeal™, также подтверждает безопасность и долговечность результата использования данного метода [50]. Исследования G. K. Yang et al.

(2017) [42], S. S. J. Chan et al. (2020) [43] показали аналогичные результаты. S. S. Chan et al. (2020) отмечают, что система VenaSeal™ идеальна для абляции глубоко расположенных или находящихся ниже колена рефлюксных магистральных вен [48].

O. Chen et al. (2021) также отмечают перспективность использования клеевой системы VenaSeal™ в качестве метода лечения варикозного расширения вен нижних конечностей, допуская в некоторых случаях возможность развития постпроцедурного инфицирования, обычно в раннем послеоперационном периоде. Авторы исследования подчеркивают, что клинические врачи должны знать о потенциальных осложнениях данного вмешательства [46]. Согласно аналогичным результатам выполненного исследования, S.A. Sumarli et al. (2020) отметили актуальность информирования пациентов о возможных осложнениях такого характера и необходимость разработки мероприятий по снижению возможного осложнения инфицирования в виде реакции гиперчувствительности при проведении вмешательства, в частности, снижая возможность протекания системы VenaSeal™ в подкожное пространство [47].

В некоторых случаях присутствуют данные о развитии реакций гиперчувствительности в ответ на введение клеевой системой VenaSeal™ [51]. K. Gibson et al. (2020) по результатам выполненного ретроспективного одноцентрового обсервационного исследования пациентов, перенесших абляцию варикозно-расширенных вен нижних конечностей (n = 286) определили, что у 6 % пациентов присутствовали реакции гиперчувствительности, включающие такие симптомы, как боль, болезненность, отек с наличием зуда или без него, эритему [41]. В исследовании A.D. Jones et al. (2019) был проанализирован клинический случай развития стойкой реакции гиперчувствительности IV типа у 49-летней женщины после лечения варикозного расширения вен клеевой системой VenaSeal™. Результаты исследования подтвердили потенциальную возможность развития реакции гиперчувствительности при введении клеевой системы VenaSeal™, что необходимо учитывать лечащим врачам при выборе данного метода лечения. Авторы предполагают, что возможным предотвращением данного осложнения могут являться адекватный скрининг пациентов (возможная аллергия на н-бутилцианоакрилат в анамнезе) и информирование их о возможных рисках перед вмешательством. В случае наличия подозрения на развитие реакции гиперчувствительности после введения клеевой системы VenaSeal™ авторами предлагается назначение пациенту местных стероидов, а затем — пероральными формами стероидов и антигистаминными препаратами [23]. Использование стероидов для коррекции гиперчувствительности при введении клеевой системы VenaSeal™ рекомендуют также I. Park et al. (2019) [54], L. Fiengo et al. (2020) [55]. H. Naser et al. (2019)

описали случай развития тяжелой, длительной флебитоподобной реакции после введения клеевой системы VenaSeal™, требующей лечения стероидами и антигистаминными препаратами, которая может сопровождаться значительными осложнениями [44].

Заключение

Согласно имеющимся к настоящему времени данным, метод лечения варикозного расширения вен нижних конечностей посредством применения клеевой системы VenaSeal™ характеризуется высокой эффективностью, с увеличением качества жизни и снижением потребности и объемов сопутствующих процедур. В то же время,

исходя из имеющихся данных о единичных случаях развития нежелательных реакций в виде инфицирования тканей в месте протекания клеевой системы VenaSeal™ при ее извлечении непосредственно после выполнения вмешательства и развития стойкой гиперчувствительности в послеоперационный период, необходимо отметить необходимость дальнейших, более длительных по времени и тщательных исследований в отношении эффективности и безопасности применения клеевой системы VenaSeal™ при лечении варикозного расширения вен нижних конечностей, особенно в отношении вероятности и возможности предотвращения развития аллергических реакций на препарат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raetz J, Wilson M, Collins K. Varicose veins: diagnosis and treatment. *Am Fam Physician*. 2019;99(11):682-688.
2. Matic M, Matic A, Gajinov Z, Golušin Z, Prčić S, Jeremić B. Major risk factors for chronic venous disease development in women: is childbirth among them? *Women Health*. 2019 Nov-Dec;59(10):1118-1127.
3. Branisteanu DE, Feodor T, Baila S, Mitea IA, Vittos O. Impact of chronic venous disease on quality of life: Results of vein alarm study. *Exp Ther Med*. 2019 Feb;17(2):1091-1096.
4. Yao PY, Mukhdomi T. Varicose Vein Treatment: Endovenous Laser Therapy. 2023 May 18. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 32491651.
5. Shadrina AS, Shaparov S, Shashkova T, Tsepilov Y. Varicose veins of lower extremities: insights from the first large-scale genetic study. 2018. <http://dx.doi.org/10.1101/368365>
6. Chwała M, Szczeklik W, Szczeklik M, Aleksiejew-Kleszczyński T, Jagielska-Chwała M. Varicose veins of lower extremities, hemodynamics and treatment methods. *Adv Clin Exp Med*. 2015;24(1):5-14. doi: 10.17219/acem/31880.
7. Nydahl S. Nya behandlingar av åderbråck med goda resultat [Modern management of varicose veins]. *Lakartidningen*. 2016 Oct 4;113:D4R4. Swedish.
8. Coelho F, Benatti MIS, Ricciardi MC, de Carvalho ND, Belczak SQ, de Araújo WJB, de Oliveira RG. Patterns of flow drainage from varicose veins originating in the incompetent great saphenous vein. *J Vasc Bras*. 2023;21:e20220019. doi: 10.1590/1677-5449.202200192.
9. Ali SA, Najmi WK, Hakami FM, Almubarak AA, Alhassan RA, Maafa SH, Al-Amer MA, Dighiri IM. Prevalence of Varicose Veins Among Nurses in Different Departments in Jazan Public Hospitals, Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. 2022;14(4):e24462. doi: 10.7759/cureus.24462.
10. Gawas M, Bains A, Janghu S, Kamat P, Chawla P. A Comprehensive Review on Varicose Veins: Preventive Measures and Different Treatments. *J Am Nutr Assoc*. 2022;41(5):499-510. doi: 10.1080/07315724.2021.1909510.
11. Spinedi L, Uthoff H, Partovi S, Staub D. Varicosities of the lower extremity, new approaches: cosmetic or therapeutic needs? *Swiss Med Wkly*. 2016;146:w14360. doi: 10.4414/smw.2016.14360.
12. Davies AH. The Seriousness of Chronic Venous Disease: A Review of Real-World Evidence. *Adv Ther*. 2019;36(Suppl 1):5-12. doi: 10.1007/s12325-019-0881-7.
13. Nicolaidis AN, Labropoulos N. Burden and Suffering in Chronic Venous Disease. *Adv Ther*. 2019;36(Suppl 1):1-4. doi: 10.1007/s12325-019-0882-6.
14. Głowiczki P, Lawrence PF, Wasan SM, Meissner MH, Almeida J, Brown KR, Bush RL, Di Iorio M, Fish J, Fukaya E, Głowiczki ML, Hingorani A, Jayaraj A, Kolluri R, Murad MH, Obi AT, Ozsvath KJ, Singh MJ, Vayuvegula S, Welch HJ. The 2022 Society for Vascular Surgery, American Venous Forum, and American Vein and Lymphatic Society clinical practice guidelines for the management of varicose veins of the lower extremities. Part I. Duplex Scanning and Treatment of Superficial Truncal Reflux: Endorsed by the Society for Vascular Medicine and the International Union of Phlebology. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2023;11(2):231-261.e6. doi: 10.1016/j.jvsv.2022.09.004.
15. Youn YJ, Lee J. Chronic venous insufficiency and varicose veins of the lower extremities. *Korean J Intern Med*. 2019;34(2):269-283. doi: 10.3904/kjim.2018.230.
16. Kumar P, Khan IA, Das A, Shah H. Chronic venous disease. Part 1: pathophysiology and clinical features. *Clin Exp Dermatol*. 2022;47(7):1228-1239. doi: 10.1111/ced.15143.
17. Meissner MH, Khilnani NM, Labropoulos N, Gasparis AP, Gibson K, Greiner M, Learman LA, Atashroo D, Lurie F, Passman MA, Basile A, Lazarshvili Z, Lohr J, Kim MD, Nicolini PH, Pabon-Ramos WM, Rosenblatt M. The Symptoms-Varices-Pathophysiology classification of pelvic venous disorders: A report of the American Vein & Lymphatic Society International Working Group on Pelvic Venous Disorders. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2021;9(3):568-584. doi: 10.1016/j.jvsv.2020.12.084.
18. Конева М.И., Ватолина А.А., Стяжкина С.Н., Киришин А.А. Анатомо-физиологические особенности варикозной болезни вен нижних конечностей. Классификация. Диагностика. Лечение. *PMЖ StudNet*. 2021;4(5).
19. Черняков А.В. Современные принципы лечения пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей. *PMЖ*. 2017;8:543-547.
20. Система склеивания VenaSeal™. Ангиомед. <http://angiomed.ru/produkcija/medtronic/sistema-skleivaniya-venaseal%E2%84%A2.html>
21. VenaSeal. Система закрытия вен. Medtronic: официальный сайт. https://medtronic-cardiovascular.ru/catalog/flebologiya/venaseal/?doctor_confirm=yes#tab-2
22. Санбаев А.К., Мирошниченко А.А., Чаббаров Р.Г., Пятницкий А.Г., Масляков В.В. Облитерация вен цианакрилатным клеем как один из методов ликвидации стволового рефлюкса у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей. *Московский хирургический журнал*. 2022;2:9-19. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2022-2-9-19>

23. Jones AD, Boyle EM, Woltjer R, Jundt JP, Williams AN. Persistent type IV hypersensitivity after cyanoacrylate closure of the great saphenous vein. *J Vasc Surg Cases Innov Tech.* 2019;5(3):372–374. doi: 10.1016/j.jvscit.2019.05.004.
24. Savolyuk SI, Khodos VA, Herashchenko RA, Horbovets VS. Effective use of various minimally invasive technologies eliminating vertical reflux in the treatment of chronic diseases of the lower limb veins. *Wiad Lek.* 2020;73(2):329–331.
25. Ojha V, Kumar S. Current strategies for endovascular management of varicose veins: An updated review of superficial ablation technologies. *Phlebology.* 2022;37(2):86–96. doi: 10.1177/02683555211044959.
26. Medical Advisory Secretariat. Endovascular radiofrequency ablation for varicose veins: an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2011;11(1):1–93.
27. Ontas H, Yavuz T, Acar AN, Uysal D. Comparison of ultrasound results following endovenous laser ablation and radiofrequency ablation in the treatment of varicose veins. *Ann Ital Chir.* 2019;90:457–462.
28. Nishibe T, Nishibe M, Akiyama S, Nukaga S, Maekawa K, Kano M, Ogino H, Koizumi J, Dardik A. Influence of Superficial Venous Ablation on Deep Venous Dilation and Reflux in Patients With Saphenous Varicose Veins. *Vasc Endovascular Surg.* 2020;54(8):687–691. doi: 10.1177/1538574420945466.
29. Wang J, Tian X, Zhang W, Dong X, Wang Z, Wang S, Liang Y, Wang W, Xu L, Li Y. A cyanoacrylate/triethyl citrate/nanosilica-based closure glue with wet-adhesion capability for treatment of superficial varicose veins. *J Mater Chem B.* 2023;11(20):4548–4555. doi: 10.1039/d3tb00408b.
30. Cai PL, Hitchman LH, Mohamed AH, Smith GE, Chetter I, Carradice D. Endovenous ablation for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2023;7(7):CD009494. doi: 10.1002/14651858.CD009494.pub3.
31. Bai T, Liu Y, Jiang W, Li Y, Liu J, Yu C, Fan Y. A Review of Sclerosing Foam Stability in the Treatment of Varicose Veins. *Dermatol Surg.* 2020;46(2):249–257. doi: 10.1097/DSS.0000000000002039.
32. Gibson K, Minjarez R, Gunderson K, Ferris B. Need for adjunctive procedures following cyanoacrylate closure of incompetent great, small and accessory saphenous veins without the use of postprocedure compression: Three-month data from a postmarket evaluation of the VenaSeal System (the WAVES Study). *Phlebology.* 2019;34(4):231–237. doi: 10.1177/0268355518801641.
33. Gibson K, Ferris B. Cyanoacrylate closure of incompetent great, small and accessory saphenous veins without the use of post-procedure compression: Initial outcomes of a post-market evaluation of the VenaSeal System (the WAVES Study). *Vascular.* 2017;25(2):149–156. doi: 10.1177/1708538116651014.
34. Park I. Initial Outcomes of Cyanoacrylate Closure, VenaSeal System, for the Treatment of the Incompetent Great and Small Saphenous Veins. *Vasc Endovascular Surg.* 2017;51(8):545–549. doi: 10.1177/1538574417729272.
35. Parsi K, Roberts S, Kang M, Benson S, Baker L, Berman I, Bester LJ, Connor DE, Dinnen P, Grace J, Stirling A, Ibrahim N, Lekich C, Lim A, Matar L, Nadkarni S, Paraskevas P, Rogan C, Thibault PK, Thibault S, van Rij A, Yang A. Cyanoacrylate closure for peripheral veins: Consensus document of the Australasian College of Phlebology. *Phlebology.* 2020;35(3):153–175. doi: 10.1177/0268355519864755.
36. Tang TY, Rathnaweera HP, Kam JW, Chong TT, Choke EC, Tan YK. Endovenous cyanoacrylate glue to treat varicose veins and chronic venous insufficiency—Experience gained from our first 100+ truncal venous ablations in a multi-ethnic Asian population using the Medtronic VenaSeal™ Closure System. *Phlebology.* 2019;34(8):543–551. doi: 10.1177/0268355519826008.
37. Tang TY, Yap CJQ, Chan SL, Soon SXY, Yap HY, Lee SQW, Choke ETC, Chong TT. Early results of an Asian prospective multicenter VenaSeal real-world postmarket evaluation to investigate the efficacy and safety of cyanoacrylate endovenous ablation for varicose veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2021;9(2):335–345. e2. doi: 10.1016/j.jvsv.2020.03.020.
38. Lam YL, De Maeseneer M, Lawson J, De Borst GJ, Boersma D. Expert review on the VenaSeal® system for endovenous cyano-acrylate adhesive ablation of incompetent saphenous trunks in patients with varicose veins. *Expert Rev Med Devices.* 2017;14(10):755–762. doi: 10.1080/17434440.2017.1378093.
39. Kiguchi MM, Reynolds KB, Cutler B, Abramowitz SD, Woo EY, O'Banion LA. The need for perforator treatment after VenaSeal and ClosureFast endovenous saphenous vein closure in CEAP 6 patients. *Journal of Vascular Surgery.* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.04.020>
40. Kolluri R, Chung J, Kim S, Nath N, Bhalla BB, Jain T, Zygmunt J, Davies A. Network meta-analysis to compare VenaSeal with other superficial venous therapies for chronic venous insufficiency. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2020;8(3):472–481.
41. Gibson K, Minjarez R, Rinehardt E, Ferris B. Frequency and Severity of Hypersensitivity Reactions in Patients After VenaSeal Cyanoacrylate Treatment of Superficial Venous Insufficiency. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2021;9(1):285. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2020.10.003>
42. Yang GK, Parapini M, Gagnon J, Chen J. Comparison of Cyanoacrylate (VenaSeal) and Radiofrequency Ablation for Treatment of Varicose Veins in a Canadian Population. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2017;66(3):e48–e49. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.05.058>
43. Chan SSJ, Qi Yap CJ, Tan SG, Choke ETC, Chong TT, Tang TY. The utility of endovenous cyanoacrylate glue ablation for incompetent saphenous veins in the setting of venous leg ulcers. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2020;8(6):1041–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2020.01.013>
44. Nasser H, Ivanics, Shakaroun D, Lin J. Severe phlebitis-like abnormal reaction following great saphenous vein cyanoacrylate closure. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2019;7(4):578–582. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2019.03.010>
45. Kugler NW, Brown KR. An update on the currently available nonthermal ablative options in the management of superficial venous disease. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2017;5(3):422–429. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2017.01.014>
46. Chen O, Hajian H, Varcoe RL, Thomas SD. Infective thrombophlebitis after great saphenous vein cyanoacrylate embolization. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders.* 2021;7(3):577–580.
47. Sumarli SA, Lee QWS, Yap HY, Tay HTL, Chong TT, Tang TY. Exit site complications following cyanoacrylate glue endovenous ablation of incompetent truncal veins for chronic venous insufficiency. *Journal of Vascular Surgery Cases and Innovative Techniques.* 2020;6(4):500–504.
48. Chan SS, Tang TY, Chong TT, Choke EC, Tay HT. Retrograde technique for great saphenous vein ablation using the VenaSeal™ closure system — Ideal approach for deep seated or small below the knee refluxing truncal veins. *Phlebology.* 2020;35(2):102–109. doi: 10.1177/0268355519853412.

49. Tang TY, Yap CJ, Soon SX, Chan SL, Choke ET, Chong TT. One-year outcome using cyanoacrylate glue to ablate truncal vein incompetence: A Singapore VenaSeal™ real-world post-market evaluation study (ASVS). *Phlebology*. 2021;36(8):609–619. doi: 10.1177/02683555211013678.
50. Gibson K, Morrison N, Kolluri R, Vasquez M, Weiss R, Cher D, Madsen M, Jones A. Twenty-four month results from a randomized trial of cyanoacrylate closure versus radiofrequency ablation for the treatment of incompetent great saphenous veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2018;6(5):606–613. doi: 10.1016/j.jvsv.2018.04.009.
51. Nasser H, Ivanics T, Shakaroun D, Lin J. Severe phlebitis-like abnormal reaction following great saphenous vein cyanoacrylate closure. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2019;7(4):578–582. doi: 10.1016/j.jvsv.2019.03.010.
52. Cho S, Park HS, Lee T, Byun SJ, Yun WS, Yang SS, Kim H, Kim WS, Joh JH, Jung IM. CASS (CyanoAcrylate closure versus Surgical Stripping for incompetent saphenous veins) study: a randomized controlled trial comparing clinical outcomes after cyanoacrylate closure and surgical stripping for the treatment of incompetent saphenous veins. *Trials*. 2020;21(1):460. doi: 10.1186/s13063-020-04393-0.
53. Joh JH, Lee T, Byun SJ, Cho S, Park HS, Yun WS, Yang SS, Kim H, Kim WS, Jung IM. A multicenter randomized controlled trial of cyanoacrylate closure and surgical stripping for incompetent great saphenous veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2022;10(2):353–359. doi: 10.1016/j.jvsv.2021.08.012.
54. Park I, Jeong MH, Park CJ, Park WI, Park DW, Joh JH. Clinical Features and Management of «Phlebitis-like Abnormal Reaction» After Cyanoacrylate Closure for the Treatment of Incompetent Saphenous Veins. *Ann Vasc Surg*. 2019;55:239–245. doi: 10.1016/j.avsg.2018.07.040.
55. Fiengo L, Gwozdz A, Tincknell L, Harvey V, Watts T, Black S. VenaSeal closure despite allergic reaction to n-butyl cyanoacrylate. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*. 2020;6(2):269–271. doi: 10.1016/j.jvscit.2020.03.011.

© Казарян Арбак Валерьевич (arbakghazaryan@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ
РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫMODERN TREATMENTS OF PATIENTS
WITH PROSTATE CANCER*M. Komarov
D. Ladyko*

Summary. A number of conservative and surgical methods are used in the treatment of prostate cancer. Hormonal and radiation therapy are used in 2 forms: the first — monotherapy — ineffective; the second — complex — highly effective. Surgical treatment of prostate adenocarcinoma includes 2 options: minimally invasive (robotic and laparoscopic) and standard (prostatectomy). In the medical practice of prostatectomy, special attention is removed, since it can be used in patients with adenocarcinoma of the prostate of any stage. It has been established that prostatectomy is characterized by good therapeutic results: a high percentage of relapse-free and overall survival, a significant improvement in the quality of life and working capacity, and a decrease in the number of deaths.

Keywords: prostate, surgery, treatment, cancer, prostatectomy, oncological pathology.

Одним из актуальных вопросов современной урологии считается широкая распространенность разных болезней простаты, к которой относятся онкологические и воспалительные заболевания предстательной железы [1].

Рак предстательной железы (далее ПЖ) за последнее 5 лет стал одним из наиболее распространенных видов рака среди мужчин в России. Сведения современной литературы показали, что при возрасте старше 50 лет злокачественная опухоль ПЖ у мужчин считается наиболее частой онкологической болезнью. По результатам гистологических исследований погибших мужчин пожилого и старческого возраста отмечено, что причиной 56–71 % случаев смертности является рак ПЖ [2, 3].

В нашей стране злокачественная патология ПЖ занимает 3 место в структуре онкологических патологий по выявляемости и 4 по смертности. В то же время, наблюдаемое каждый год неуклонное увеличение заболеваемости раком ПЖ может быть результатом улучшения системы здравоохранения в выявляемости данного заболевания, с одной стороны, и приростом продолжительности жизни, с другой. Показано, что заболеваемость раком простаты в РФ 1992 г. составила примерно 9,5 случаев на 100 тыс. мужчин, в 1997 г. — около 11,3 случаев на 100 тыс. мужчин, в 2007 г. приблизительно

Комаров Максим Игоревич
Кандидат медицинских наук,
НМИЦ Онкологии им. Н.Н. Блохина, г. Москва
Ладыко Дарья Дмитриевна
врач-онколог, ординатор,
НМИЦ Онкологии им. Н.Н. Блохина, г. Москва
DDLadyko@yandex.ru

Аннотация. В лечении рака предстательной железы применяется ряд консервативных и оперативных методов. Гормональная и лучевая терапия используются в 2 формах: первая — монотерапия — малоэффективная; вторая — комплексная — высокоэффективная. Оперативное лечение аденокарциномы простаты включает 2 варианта: мининвазивный (роботический и лапароскопический) и стандартный (простатэктомия). В медицинской практике простатэктомии уделяется особое внимание, так как его можно применять у пациентов с аденокарциномой простаты любой стадии. Установлено, что простатэктомия характеризуется хорошими терапевтическими результатами: высокий процент безрецидивной и общей выживаемости, значительное улучшение качества жизни и работоспособности, снижение количества смертности.

Ключевые слова: простата, операция, лечение, рак, простатэктомия, онкологическая патология.

24 случаев на 100 тыс. мужчин, а в 2017 г. примерно 40,5 случаев на 1500 тыс. мужчин [3, 4].

Несмотря на высокие достижения в диагностике онкологических патологий анализ литературных источников показал, что среди 25–35 % мужчин с впервые диагностированным раком предстательной железы входят в группу высокого риска. Основными причинами данной ситуации являются два условия: первое — несвоевременное обследование и запущенная стадия; второе — высокая злокачественность опухоли (сумма баллов по Глиссону 8–10) [5, 6].

Хотя радикальная простатэктомия (РП) остается золотым стандартом хирургического лечения аденокарциномы ПЖ, роль РП и других хирургических вариантов становится все более сложной из-за ряда факторов, таких как возраст пациента, гетерогенность опухоли, высокая стоимость современных препаратов, и др., отмечено, что подходящим лечением рака ПЖ низкого риска является абляционная терапия, а при заболеваниях высокого риска следует рассмотреть возможность применения комбинированного лечения, включающего РП [7, 8].

Итак, актуальность вопроса рака предстательной железы в целом, в то числе его своевременной диагностики и оптимального лечения, до сих пор является мало изученной.

Методы лечения рака простаты

На данный момент в лечении аденокарциномы предстательной железы применяются многие виды, включая активное наблюдение, гормональную и химиотерапию, стандартные оперативные подходы, криотерапию, квантовое облучение (брахитерапию, дистанционную). В своей практике клиницисты используют все существующие способы в лечении злокачественной опухоли ПЖ, а иногда их комбинацию для 2-х целей: первая — реализовать персональный подход к больному; вторая — улучшить исход и прогноз заболевания [9, 10].

Радикальная лимфаденэктомия и простатэктомия

Исторически отмечено, что простатэктомия (ПЭ) начала применяться в практике более ста лет. Формально способ промежностной простатэктомии был продолжен Бильрот в 1867 г. Янг в 1907 г. ее модифицировал и добавил ретрактор, сделало её более адекватной и безопасной. Millin (1947 г.) разработал позадилонный доступ ПЭ. Широкое применение простатэктомии отмечено в 1982 г. когда P.Donker и P.Walsh предложили нервосберегающую технику вмешательства, включая использование позадилонного доступа. Поскольку нижняя лапаротомия является традиционным доступом урологам для проведения операций на мочевом пузыре и нижних отделах мочеточников, с одной стороны, и преимуществом удаления лимфатических узлов (ЛУ), с другой. Активное внедрение лапароскопии в онкологию стартовало с начала XX века. Долгое время многие хирургические методы, выполняемые лапароскопически, были лимитированы инструментальной возможностью и качеством полученных результатов. Лапароскопическая РПЭ впервые была осуществлена в 1991 г в США, а в России — в 2001 г. Другим способом, внедренным с 1985 г. в медицинскую практику для повышения качества оперативного вмешательства, является робототехника. Все вышеуказанные техники не нашли широкого применения в онкологической клинике из-за отсутствия очевидных преимуществ при сравнении со стандартным методом простатэктомии [11, 12].

Результаты исследований ASCO University 824 тыс. больных аденокарциномой предстательной железы показали любопытную закономерность в лечении данного заболевания. В исследуемых группах выявлен прирост количества применения радикальной простатэктомии в 2011 г на 11,1 % относительно 2004 г. Так же наблюдалось возрастание активного наблюдения пациентов группы низкого риска и снижение использования лучевой терапии. Y. Razvi и соавт. предполагали, что причина вышеуказанного состоит во влиянии парамедицинских факторов, таких как требование специализированного оборудования, ограничение профессиональной подготовки клиницистов, увеличение частоты пациентов с раком простаты, и др. [13].

В настоящее время отмечается существенный прогресс малоинвазивных технологий и фармакологической терапии в лечении рака ПЖ. При современном уровне выполнения операции количество осложнений радикальной ПЭ — небольшое, и оценивается опытом клиницистов. Показано, что из особенностей проведения хирургического вмешательства, только лимфаденэктомия отрицательно сказывается на проценте развития тромбоэмболических последствий [14]. R.S. Pomre и соавт. показали, что метод простатэктомии также сопряжен с частотой послеоперационных осложнений. Отмечено, что применение роботической и лапароскопической ПЭ характеризуется меньшими осложнениями относительно открытой простатэктомии [15].

Техническая сложность ПЭ и возможность развития послеоперационных последствий мало зависят от фазы опухоли, кроме обширно распространенной формы. Соответственно ПЭ является целесообразным методом лечения рака ПЖ небольшого размера и при отсутствии инвазии в сфинктер уретры. В то же время другими авторами показано, чем более прогностически неблагоприятна аденокарцинома, тем эффективнее использовать простатэктомию [16]. 10-летним исследованием M. M.D. Lotfi. продемонстрировано, что частота смертности у пациентов с раком ПЖ T4, которым выполнена ПЭ, составила 8,5 % относительно группы, при активном наблюдении — 14,0 %. В то же время при стадии опухолевого процесса T3 данный показатель составил 16,5 % против 30,1 % [17].

Данными ретроспективной работы, где Б.Я. Алексеев с соавторами исследовали 1700 пациентов с раком ПЖ, выявлено, что у 52,3 % больных применение ПЭ вело к полному излечению. При этом количество летней выживаемости составило примерно 96,2 % [18].

Известно, что ткань аденокарциномы более плотная при сравнении с нормальной тканью ПЖ, что дает возможность выявить патологический процесс пальпаторно. Однако дифференцировать опухолевую ткань от железной во время операции возможно. Принимая во внимание, что злокачественная опухоль склонена к быстрому росту, то при выполнении операции повышен риск хирургического края. Более того обнаружено, что положительный хирургический край достоверно сопряжен с выживаемостью (уменьшал) и видом операции (роботическим, лапароскопическим и др.) [19].

Результаты работы S. Shikanov et al. (2013) и J.P. Izard et al. (2014 г.) показали, что инвазия онкологического процесса на 1 мм хирургического края (группа («близкого» хирургического края) достоверно уменьшает показатель выживаемости, который не отличался от положительного хирургического края, но достоверно от отрицательного. Авторы выявили, что ПЭ в данной группе не ведет к полной ликвидации рака [20, 21].

Некоторые исследователи (Wang Y. и соавтор. (2018), M.S. Rahnema'i (2021)) публиковали работы об использовании радикальной простатэктомии больным пациентам с отдалёнными метастазами, по определённым показаниям, таким как отсутствие обширного метастазирования, наличие не более 3 костных метастазов, и др. Результаты показали, что выживаемость составляет 95,2 %, 29 % — понадобилась паллиативная трансуретральная резекция ПЖ [22, 23].

Итак, если простатэктомия раньше использовалась в значительной степени при ранней стадии аденокарциномы простаты, то на данный момент стало понятно, что у них данный вид вмешательства оптимально при ожидаемой продолжительности жизни более 10 лет. С другой стороны, при худшем прогнозе радикальную простатэктомию лучше комбинировать с другими методами.

Применение лимфаденэктомии при раке предстательной железы

По данным обзорной работы D. Markić и соавт. (2019), в практике используются 4 вида ЛАЭ: первый — ограниченный вариант — удаление клетчатки с ЛУ среди наружных подвздошных сосудов и запирающего нерва; второй — стандартный вариант — дополнительно удаляется клетчатка медиальнее запирающего нерва; третий — расширенный — дополнительно удаляется клетчатка выше места бифуркации подвздошных сосудов; четвертый — сверх-расширенный — дополнительно удаляется клетчатка внутри бифуркации аорты [24].

На данный момент использование ограниченной и стандартной лимфаденэктомии — недостаточно, поскольку они не могут обеспечивать конкретную радикальность хирургического вмешательства. Идеальным вариантом лимфаденэктомии при раке ПЭ представляется расширенным [25]. Хирурги исключают ПЭ в лечении рака ПЖ с метастазами в лимфоузлы по причине высокой опасности наличия отдалённых латентных метастазов и проводили гормональную терапию. Однако сейчас доказано об использовании ПЭ и тазовой ЛАЭ у пациентов аденокарциномы простаты независимо от подозрения на метастазы в лимфоузлах [26]. T.B. Dorff и соавт (2019) подчеркнули, что больные с поражением менее 15 % лимфоузлов имеют благоприятный прогноз. Соответственно, применение ЛАЭ является как диагностическим методом, так и лечебным [27].

Данными исследования A.J. Costello (2020) выявлено, что в ранний послеоперационный период простатэктомии у 95 % больных обнаружено недержание мочи. Однако спустя год тренировки мышц тазового дна выявлено существенное улучшение [28]. В то же время A Srinivasan (2019) показал, что миниинвазивные операции способствует значительному улучшению, однако сведениям

других работ [29]. J.V.A. Franco (2022) выявили, что спустя год после вмешательства не отмечаются достоверных отличий от традиционной операции. Соответственно, радикальная простатэктомия — приемлемая операция с позиции качества жизни, через год после неё большинство пациентов достигают реабилитации [30].

На основании исследованных публикаций можно отметить, что при применении расширенной лимфаденэктомии можно пропустить до 13 % метастазированных лимфоузлов. Более того применение сверх-расширенной лимфаденэктомии может способствовать высокой частоте осложнений. Поэтому применение лимфаденэктомии в практике находится в соотношении между инвазивностью и радикальностью. Поэтому необходимо определить пути лимфооттока от ПЖ для удаления ЛУ, в которые происходит отток. В практике используются 2 метода: первый — радиоизотопное картирование, а второй — флуоресцентная визуализация с Индоцианином Зелёным [31, 32].

В диагностике тазовых лимфатических узлов и определении наличия метастазов используются разные методы. Методика F. Wawroschek (2001 г) используется для радиоизотопной диагностики во время проведения операции с чувствительностью более 96 % [33].

Обзорным исследованием G.Z. Li и соавт. (2022) показано, что дооперационное радиоизотопное определение метастазов лимфоузлов путем КТ — считается невозможным из-за ограничения информативности, высокой стоимости, высокой вероятности пропуска ЛУ с метастазами [34].

Z. Venclovas и соавт. (2021) продемонстрировали, для оценки возможности поражения ЛУ используются номограммы, такие как таблицы Партина, основанные на предоперационных данных о метастазах. Однако эти данные не определяют точную распространённость аденокарциномы и могут дать ложные данные [35]. D. Verver с соавт. (2019) [36] предполагали, что для определения показаний селективной лимфаденэктомии и ее прогноза можно предложить аналогичную номограмму. Считалось, что показанием к применению ПЭ по их номограмме представляется вероятность поражения лимфоузлов 7 %. Более того они получили более высокие цифры поражённых ЛУ при сравнении с номограммами, рассчитанными на основе расширенной тазовой ЛАЭ.

Таким образом, включение лимфаденэктомии является важнейшим этапом в диагностике, лечении, дальнейшем прогнозировании пациентов раком предстательной железы. Ограниченный и стандартный является не достаточным типом лимфаденэктомии, а расширенный — более оптимальным. Использование суперрасширенной ЛАЭ часто сопровождается высоким риском

осложнений. Благоприятный прогноз регистрируется при 15 % и менее метастазирования ТЛУ. Оценка наличия лимфатических метастазов проводится рядом методов, которые имеют разные чувствительность и точность. При этом как номограмма — является наиболее точным методом в диагностике состояния лимфатических узлов.

Консервативное лечение рака простаты

Данный вид терапии включает ряд методов, основными представителями которых являются лучевое облучение, гормональную терапию.

Лучевая терапия (ЛТ)

Использование дистанционного облучения у пациентов раком предстательной железы вначале было ограничено мощностью и точностью наведения устройств. Так как анатомически предстательная железа находится глубоко в центре мужского таза — операция является сложной задачей. Необходимо отметить, что появление обнадёживающих данных об эффективности гормональной (ГТ) терапии в 40-е годы 20 века ЛТ полностью утратила клиническую значимость. Однако в 50-е годы регистрировались достоверные результаты о побочных последствиях ГТ, когда были созданы аппараты с высоким мощности облучения, ЛТ стала активно использоваться в онкологии [37, 38].

Лучевая терапия используется в 2-х вариантах — в качестве мототерапии — редко, и комплексной — с гормональной терапией — наиболее оптимальная стратегия. Рандомизированные работы показали, что комплексный подход улучшает общую выживаемость на 97 % и безрецидивную — на 91 % при сравнении с другими группами с только ГТ, или ЛТ [39].

R. Mano и соавт (2016), F.A.C. da Luz и соавт (2023) выявили в своих исследованиях, что применение облучения пациентов раком предстательной железы T4 и с наличием метастазов показало высокую выживаемость [40, 41].

A.J. Leiker и соавт. (2018) и A.W. See и соавт (2022) показали, что эффект лучевого лечения при раке ПЖ зависит от дозы облучения: высокая доза ведет к улучшению онкологических результатов. Отмечено, что эскалация дозы излучения на каждые 2 Гр при раке предстательной железы ведет к уменьшению летального исхода на 8 % [42, 43].

По данным некоторых исследований L.F. Valle и соавт (2021) и M. Kissel (2022) показано, что увеличение дозы лучевого облучения увеличивает безрецидивную выживаемость, однако не какого эффекта не оказывает на общую, и сопровождается высоким количеством осложнений и ухудшением качества жизни [44, 45].

Итак, у пациентов раком простаты лучевая терапия может применяться как самостоятельный вид лечения при локализованном процессе, так и в комбинации с другими видами терапии — при местно-распространенной форме. Включение в лечение рака ПЖ улучшает онкологические результаты, повышает общую выживаемость и снижает осложнения и летальность

Гормональная терапия

Под гормональной терапией понимается включение фармакологического лечения, которое направлено на снижение плазменного содержания тестостерона, с применением аналогов гонадотропин-рилизинг гормона [46].

K. Mori и соавт (2022) показали, Эффективность неоадьювантной гормональной терапии до сих пор — спорная, соответственно ее показания — ограничены. Ряд исследований показал, что назначение ГТ до хирургического вмешательства, не ведет к существенному улучшению выживаемости или возможности рецидива. В то же время доказано, что гормональная терапия останавливает прогрессирование онкологического процесса и рост предстательной железы. То есть включение ГТ может быть полезно при большом объеме ПЖ, затруднявшего проведение простатэктомии [47].

Спорным еще остается вопрос применения гормональной терапии после ПЭ. В научных работах A.J. Armstrong и соавт (2022) и D. Menges и соавт (2022) отмечено, что назначение отсроченной терапии вело к увеличению риска сердечных, респираторных и др. патологий, инсулинорезистентности, и увеличению частоты смертности. Особое внимание уделяется пациентам пожилого [48, 49].

10-летнее исследование F. Fakhrejahani и соавт (2017) показало, что у пациентов, которым включили ГТ после ПЭ, общая выживаемость составила 70 %, а без ГТ — 77 % [50].

Хороший эффект гормональной терапии зарегистрирован в лечении рака предстательной железы при комбинации с лучевой терапией. H.B. Воробьев и соавт (2018) и T. Milecki и соавт (2015) показали, что комбинированное лечение (ГТ + ЛТ) в промежутке менее года существенно улучшает выживаемость, качества жизни, и общего прогноза [51, 52].

Таким образом, рак простаты считается одним из наиболее актуальных вопросов, встречаемых в онкологической практике, по причине продолжающегося увлечения заболеваемости, поздней диагностики, сложности лечения, высокой летальности.

В лечении данной патологии применяются хирургическое лечение или лучевая/гормонально-лучевая терапия. Отмечается тенденция к возрастанию количества пациентов раком ПЖ, которым выполняют хирургическое лечение. Основными представителями данного лечения является простатэктомия и лимфаденэктомии, которые выполняются разными техниками — лапароскопической, роботизированной и открытой. Плюсы этого вида операций — возможность удалить крупную опухоль, а также лимфатические узлы. Радикальное удаление ПЖ в комбинации с расширенной тазовой лимфаденэктомией позволяет добиться удовлетворительных онкологических результатов лечения. Анализ непосредственных и отдаленных результатов хирургического лечения продемонстрировал удовлетворительные результаты.

С другой стороны, применение консервативной терапии считается одним из стандартов лечения рака ПЖ, которая проводится как в качестве основного метода, так и в сочетании с другими. Одним из наиболее действенных способов воздействия является лучевая и гормональная терапия. Они нередко являются альтернативными радикальной простатэктомии. Более того, их включают и после хирургического лечения для повышения терапевтической результативности.

Тем не менее в зависимости от наличия одного, двух или нескольких неблагоприятных факторов прогноза у пациентов раком простаты, показатели выживаемости статистически существенно различались. Данный факт указывает на наличие нерешенных вопросов в показаниях к проведению индивидуализированного подхода к лечению каждого больного РПЖ.

Таким образом, в лечении рака предстательной железы применяется ряд консервативных и хирургических методов. Гормональная и лучевая терапия используются в 2 формах: первая — монотерапия — малоэффективная; вторая — комплексная — высокоэффективная. Оперативное лечение аденокарциномы простаты включает 2 варианта: миниинвазивный — роботический и лапароскопический, и стандартный — простатэктомия. В медицинской практике простатэктомии уделяется особое внимание, так как ее можно применять у пациентов аденокарциномой простаты любой стадии. Установлено, что ПЭ характеризуется хорошими терапевтическими результатами: высокий процент безрецидивной и общей выживаемости, значительное улучшение качества жизни и работоспособности, снижение количества смертности.

ЛИТЕРАТУРА

- Desai K., McManus J.M., Sharifi N. Hormonal Therapy for Prostate Cancer. *Endocr Rev.* 2021. No. 42(3). P. 354–373.
- Carlsson S.V., Vickers A.J. Screening for Prostate Cancer. *Med Clin North Am.* 2020. No.104(6). P. 1051–1062.
- Sekhoacha M., Riet K., Motloutong P., Gumenuk L., Adegoke A., Mashele S. Prostate Cancer Review: Genetics, Diagnosis, Treatment Options, and Alternative Approaches. *Molecules.* 2022. No. 27(17). P. 5730.
- Аксель Е.М., Матвеев В.Б. Статистика злокачественных новообразований мочевых и мужских половых органов в России и странах бывшего СССР // *Онкоурология.* 2019. №15(2). С. 15–24.
- Epstein J.I., Egevad L., Amin M.B., Delahunt B., Srigley J.R., Humphrey P.A., Grading C. The 2014 International Society of Urological Pathology (ISUP) Consensus Conference on Gleason Grading of Prostatic Carcinoma: Definition of Grading Patterns and Proposal for a New Grading System. *The American journal of surgical pathology* 2016. No. 40(2). P. 244–252.
- Алексеев Б.Я., Нюшко К.М., Крашенинников А.А., Калпинский А.С., Воробьев Н.В., Каприн А.Д. Рак предстательной железы высокого риска стадии cT2c: действительно значимый фактор прогноза? // *Исследования и практика в медицине.* 2017. № 4. С. 18–28.
- Vietri M.T., D'Elia G., Caliendo G., Resse M., Casamassimi A., Passariello L., Albanese L., Cioffi M., Molinari A.M. Hereditary Prostate Cancer: Genes Related, Target Therapy and Prevention. *Int J Mol Sci.* 2021. No. 4, 22(7). P. 3753.
- Heidenreich A., Moul J.W., Shariat S., Karnes R.J. Role of salvage lymph node dissection in prostate cancer. *Current opinion in urology.* 2016. No. 26(6). P. 581–589.
- Pandav K., Te A.G., Tomer N., Nair S.S., Tewari A.K. Leveraging 5G technology for robotic surgery and cancer care. *Cancer Rep (Hoboken).* 2022. No. 5(8). doi: 10.1002/cnr2.1595.
- Matsushita M., Fujita K., Nonomura N. Influence of Diet and Nutrition on Prostate Cancer. *Int J Mol Sci.* 2020. No. 21(4). P. 1447.
- Panin S.I., Sazhin V.P., Konovalov E.M., Podyablonskaya I.A. Sravnitel'naya effektivnost' laparoskopicheskoi kholetsistektomii pri ostrom kholetsistite. 2021. No. (9). P. 40–47.
- Chopra S., Rashid P. Management of castration-resistant (advanced) prostate cancer (CRPC): rationale, progress and future directions. *Australian family physician* 2015. No. 44(5). P. 302–305.
- Razvi Y., Chan S., McFarlane T., McKenzie E., Zaki P., DeAngelis C., Pidduck W., Bushehri A., Chow E., Jerzak K.J. ASCO, NCCN, MASCC/ESMO: a comparison of antiemetic guidelines for the treatment of chemotherapy-induced nausea and vomiting in adult patients. *Support Care Cancer.* 2019. No. 27(1). P. 87–95.
- Wasim S., Lee S.Y., Kim J. Complexities of Prostate Cancer. *Int J Mol Sci.* 2022. No. 23(22). P. 14257.
- Pompe R.S., Beyer B., Haese A., Preisser F., Michl U., Steuber T., Graefen M., Huland H., Karakiewicz P.I., Tilki D. Postoperative complications of contemporary open and robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy using standardised reporting systems. *BJU Int.* 2018. No. 122(5). P. 801–807.
- Хмелевский Е.В., Канчели И.Н., Каприн А.Д. Протонно-фотонная лучевая терапия местно-распространенного рака простаты // *Исследования и практика в медицине* 2017. №1. С. 110–118.

17. Lotfi M. M.D., Beheshti R. M.D., Rouhezamin M.R. M.D., Rezaianzadeh A. M.D., Farhadi P. M.D., Daneshi Z. M.D. A Ten-Year Study of Prostate Cancer: A Southern Iranian Experience. *Iran J Med Sci.* 2018. No. 43(4). P. 372–379.
18. Козлов А.В., Гранов Д.А., Таразов П.Г., Павловский А.В., Корытова Л.И., Поликарпов А.А., Попов С.А., Розенгауз Е.В. Внутриаартериальная химиотерапия у больных нерезектабельным раком поджелудочной железы // *Анналы хирургической гепатологии.* 2019. № 24(3). С. 73–86.
19. Hruby S., Englberger C., Lusuardi L., Schatz T., Kunit T., Abdel-Aal A.M., Hager M., Janetschek G. Fluorescence Guided Targeted Pelvic Lymph Node Dissection for Intermediate and High Risk Prostate Cancer. *The Journal of urology.* 2015. No. 194(2). P. 357–363.
20. Seifert R., Alberts I.L., Afshar-Oromieh A., Rahbar K. Prostate Cancer Theranostics: PSMA Targeted Therapy. *PET Clin.* 2021. No. 16(3). P. 391–396.
21. Sorrentino L., Sileo A., Daver E., Battaglia L., Guaglio M., Centonze G., Sabella G., Patti F., Villa S., Milione M. Impact of Microscopically Positive (≤ 1 mm) Distal Margins on Disease Recurrence in Rectal Cancer Treated by Neoadjuvant Chemoradiotherapy. *Cancers.* 2023. No. 15. P. 1828.
22. Wang Y, Qin Z, Wang Y, Chen C, Wang Y, Meng X, Song N. The role of radical prostatectomy for the treatment of metastatic prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Biosci Rep.* 2018. No. 38(1). doi: 10.1042/BSR20171379
23. Rahnama'i M.S, Marcelissen T., Geavlete B., Tutolo M., Hüsich T. Current Management of Post-radical Prostatectomy Urinary Incontinence. *Front Surg.* 2021. No. 8: P. 647656.
24. Markić D., Oguić R., Krpina K., Vukelić I., Đorđević G., Žuža I., Španjol J. The role of lymphadenectomy in prostate cancer patients. *Acta Clin Croat.* 2019. No. 58(Suppl 2). P. 24–35.
25. Abrams-Pompe R.S., Fanti S., Schoots I.G., Moore C.M., Turkbey B., Vickers A.J., Walz J., Steuber T., Eastham J.A. The Role of Magnetic Resonance Imaging and Positron Emission Tomography/Computed Tomography in the Primary Staging of Newly Diagnosed Prostate Cancer: A Systematic Review of the Literature. *Eur Urol Oncol.* 2021. No. 4(3). P. 370–395.
26. Fares J., Fares M.Y., Khachfe H.H., Salhab H.A., Fares Y. Molecular principles of metastasis: a hallmark of cancer revisited. *Signal Transduct Target Ther.* 2020. No. 5(1). P. 28.
27. Dorff T.B., Fanti S., Farolfi A., Reiter R.E., Sadun T.Y., Sartor O. The Evolving Role of Prostate-Specific Membrane Antigen-Based Diagnostics and Therapeutics in Prostate Cancer. *Am Soc Clin Oncol Educ Book.* 2019. No. 39. P. 321–330.
28. Costello A.J. Considering the role of radical prostatectomy in 21st century prostate cancer care. *Nat Rev Urol.* 2020. No. 17(3). P. 177–188.
29. Srinivasan A., Wang R. An Update on Minimally Invasive Surgery for Benign Prostatic Hyperplasia: Techniques, Risks, and Efficacy. *World J Mens Health.* 2020. No. 38(4). P. 402–411.
30. Franco J.V.A., Jung J.H., Imamura M., Borofsky M., Omar M.I., Escobar Liquitay C.M., Young S., Goltzarian J., Veroniki A.A., Garegnani L., Dahm P. Minimally invasive treatments for benign prostatic hyperplasia: a Cochrane network meta-analysis. *BJU Int.* 2022. No. 130(2). P.142–156.
31. Chalouhy C, Gurram S, Ghavamian R. Current controversies on the role of lymphadenectomy for prostate cancer. *Urol Oncol.* 2019 Mar;37(3):219–226.
32. Рябов А.Б., Хомяков В.М., Соболев Д.Д., Пикин О.В., Колобаев И.В., Чайка А.В., Тойгонбеков А.К., Виндиза Ф.Р. Лимфодиссекция по ходу возвратных гортанных нервов при раке пищевода. Технические аспекты. Влияние на непосредственные и отдаленные результаты // *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* 2020. No. 9(5). P. 23–30.
33. Małkiewicz B., Kiełb P., Kobylański M., Karwacki J., Poterek A., Krajewski W., Zdrojowy R., Szydełko T. Sentinel Lymph Node Techniques in Urologic Oncology: Current Knowledge and Application. *Cancers (Basel).* 2023. No.15(9). P. 2495.
34. Li G.Z., Doherty G.M., Wang J. Surgical Management of Gastric Cancer: A Review. *JAMA Surg.* 2022. No. 157(5). P. 446–454.
35. Venclovas Z., Muilwijk T., Matjosaitis A.J., Jievaltas M., Joniau S., Milonas D. Head-to-Head Comparison of Two Nomograms Predicting Probability of Lymph Node Invasion in Prostate Cancer and the Therapeutic Impact of Higher Nomogram Threshold. *J Clin Med.* 2021. No. 10(5). P. 999.
36. Verver D., van Klaveren D., Franke V., van Akkooi A.C.J., Rutkowski P., Keilholz U., Eggermont A.M.M., Nijsten T., Grünhagen D.J., Verhoef C. Development and validation of a nomogram to predict recurrence and melanoma-specific mortality in patients with negative sentinel lymph nodes. *Br J Surg.* 2019. No. 106(3). P. 217–225.
37. Kamran S.C., D'Amico A.V. Radiation Therapy for Prostate Cancer. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2020. No. 34(1). P. 45–69.
38. Николаев А.А., Сахаров М.Е. Клинико-диагностическое значение спермина при раке предстательной железы (обзор литературы) // *Современные проблемы науки и образования.* 2023. № 1. С. 90–96.
39. Борисова Т.Н., Качев С.И., Иванов С.М., Алиева С.Б., Трофимова О.П., Глебовская В.В., Бредер В.В., Лактионов К.К., Маринов Д.Т., Абдуллаев А.Г. Лучевая терапия в мультимодальном лечении больных мезотелиомой плевры. Обзор данных литературы и анализ собственных наблюдений // *Вопросы онкологии.* 2020. No. 6 (5). P. 465–471.
40. Mano R, Eastham J, Yossepowitch O. The very-high-risk prostate cancer: a contemporary update. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2016. No. 19(4). P. 340–348.
41. da Luz FAC, Nascimento C.P, da Costa Marinho E., Felicidade P.J., Antonioli R.M., de Araújo R.A., Silva MJB. Analysis of the surgical approach in prostate cancer staging: results from the surveillance, epidemiology and end results program. *Sci Rep.* 2023. No. 13(1). P. 9949.
42. See A.W., Bowden P., Wells G. Dose-escalated radiotherapy to 82 Gy for prostate cancer following insertion of a peri-rectal hydrogel spacer: 3-year outcomes from a phase II trial. *Radiat Oncol.* 2022. No. 17. P.131–142.
43. Leiker A.J., Desai N.B., Folkert M.R. Rectal radiation dose-reduction techniques in prostate cancer: a focus on the rectal spacer. *Future Oncol.* 2018. No.14(26). P. 2773–2788.
44. Valle L.F., Lehrer E.J., Markovic D., Elashoff D., Levin-Epstein R., Karnes R.J., Reiter R.E., Rettig M., Calais J., Nickols N.G., Dess R.T., Spratt D.E., Steinberg M.L., Nguyen P.L., Davis B.J., Zaorsky N.G., Kishan A.U. A Systematic Review and Meta-analysis of Local Salvage Therapies After Radiotherapy for Prostate Cancer (MASTER). *Eur Urol.* 2021. No. 80(3). P. 280–292.
45. Kissel M., Krhili S.L., Minsat M., El Ayachy R., Bringer S., Lahmi L., Porte J., Labib A., Graff P., Crehange G. Dose-escalation in prostate cancer: Results of randomized trials. *Cancer Radiother.* 2022. No. 26(6-7). P. 899–904.

46. Лохмачева А.В., Трубина Л.В., Зиновьев А.А. За и против заместительной гормональной фармакотерапии (обзор литературы). *International Journal of Medicine and Psychology*. 2023. No. 6(1). P. 147–152.
47. Menges D., Yebo H.G., Sivec-Muniz S., Haile S.R., Barbier M.C., Tomonaga Y., Schwenkglens M., Puhan M.A. Treatments for Metastatic Hormone-sensitive Prostate Cancer: Systematic Review, Network Meta-analysis, and Benefit-harm assessment. *Eur Urol Oncol*. 2022. No. 5(6). P. 605–616.
48. Armstrong A.J., Azad A.A., Iguchi T., Szmulewitz R.Z., Petrylak D.P., Holzbeierlein J., Villers A., Alcaraz A., Alekseev B., Shore N.D., Gomez-Veiga F., Rosbrook B., Zohren F., Yamada S., Haas G.P., Stenzl A. Improved Survival With Enzalutamide in Patients With Metastatic Hormone-Sensitive Prostate Cancer. *J Clin Oncol*. 2022. No. 40(15). P.1616–1622.
49. Mori K., Mostafaei H., Sari Motlagh R., Pradere B., Quhal F., Laukhtina E., Schuettfort V.M., Kramer G., Abufaraj M., Karakiewicz P.I., Kimura T., Egawa S., Shariat S.F. Systemic therapies for metastatic hormone-sensitive prostate cancer: network meta-analysis. *BJU Int*. 2022. No. 129(4). P. 423–433.
50. Fakhrejehani F., Madan R.A., Dahut W.L. Management Options for Biochemically Recurrent Prostate Cancer. *Curr Treat Options Oncol*. 2017. No. 18(5). P. 26.
51. Milecki T., Antczak A., Kwias Z., Milecki P. Hormone therapy in combination with radiotherapy in the treatment of prostate cancer: why and in which group of patients? *Contemp Oncol (Pozn)*. 2015. No. 19(1). P.1–5.
52. Воробьев Н.В., Тараки И.А., Мурадян А.Г. Современные подходы к гормональной терапии рака предстательной железы // *PMЖ. Медицинское обозрение*. 2018. № 2(6). С. 36–40.

© Комаров Максим Игоревич; Ладыко Дарья Дмитриевна (DDLadyko@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЖИРОВАЯ БОЛЕЗНЬ ПЕЧЕНИ СМЕШАННОГО ГЕНЕЗА: ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ВЯЗКОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ¹

FATTY LIVER DISEASE OF MIXED GENESIS: FEATURES OF ELECTRIC AND VISCOELASTIC PARAMETERS OF ERYTHROCYTES

M. Kruchinina
A. Belkovets
M. Parulikova
A. Gromov

Summary. The aim of the work is to study the features of electrical and viscoelastic parameters of erythrocytes of patients with fatty liver disease of mixed genesis (metabolic + alcoholic) using the method of dielectrophoresis.

Materials and methods. 31 men (50.6 ± 9.9 years old) with fatty liver disease (FLD) of mixed genesis (metabolic + alcoholic) with a degree of fibrosis 0–1 (FibroScan® 502 Echosens, France) were examined. The electrical, viscoelastic parameters of erythrocytes were studied by dielectrophoresis using an electro-optical cell detection system in an inhomogeneous alternating electric field.

Results. It was found that patients with fatty liver disease of mixed genesis (metabolic + alcoholic), compared with the control group, had erythrocytes of smaller diameter ($p < 0.05$), with a greater proportion of spherocytic ($p = 0.0004$), deformed forms ($p = 0.0005$) with less ability to deform ($p < 0.0001$), higher summerized indicators of viscosity ($p < 0.0001$), rigidity ($p < 0.0001$). The red blood cells of patients with FLD had a lower surface charge, reflected by lower values of cell velocity to the electrodes ($p < 0.001$), dipole moment ($p < 0.0001$), higher aggregation index ($p = 0.002$). The membranes of erythrocytes with FLD had a higher ability to conduct electric current ($p < 0.0001$), a lower capacity ($p < 0.00001$). In mixed genesis FLD, reduced resistance of erythrocytes is associated with lower levels of polarizability at high frequencies of the electric field (10^6 ; $0,5 \times 10^6$ Hz) ($p < 0.00001$), relative polarizability ($p < 0.001$) and higher — at frequencies of $0,1 \times 10^6$ and $0,05 \times 10^6$ Hz ($p < 0.0001$), as well as a tendency to hemolysis at all frequencies of the electric field ($p = 0.01–0.05$). The equilibrium frequency at the FLD is shifted to the high-frequency range ($p = 0.0003$). Correlations of the levels of electrical, viscoelastic parameters of erythrocytes with biochemical indicators reflecting the manifestation of metabolic syndrome, liver function disorders, and with indicators of alcohol consumption style, which probably reflects the potentiating effect of two etiological factors on red blood cells.

Conclusion. The revealed features of the electrical, viscoelastic parameters of erythrocytes in patients with mixed genesis fatty liver disease

Кручинина Маргарита Витальевна

д.м.н., доцент, зав. лабораторией гастроэнтерологии, ведущий научный сотрудник, лаборатория гастроэнтерологии НИИ терапии и профилактической медицины — филиала ИЦиГ СО РАН; Профессор. Новосибирский государственный медицинский университет
kruchmargo@yandex.ru

Белковец Анна Владимировна

д.м.н., доцент, старший научный сотрудник, лаборатория гастроэнтерологии НИИ терапии и профилактической медицины — филиала ИЦиГ СО РАН; Профессор, Новосибирский государственный медицинский университет
belkovets@gmx.de

Паруликова Марина Владимировна

Старший преподаватель, отдел образования НИИ ТПМ — филиала ИЦиГ СО РАН, врач-гастроэнтеролог, г. Новосибирск,
m_parulikova@mail.ru

Громов Андрей Александрович

к.м.н., старший научный сотрудник, лаборатория клинических биохимических и гормональных исследований терапевтических заболеваний, руководитель Центра профилактики тромбозов, НИИ ТПМ — филиала ИЦиГ СО РАН
gromov.center@rambler.ru

Аннотация. Целью данного исследования является изучение особенностей электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза (метаболический + алкогольный) с помощью метода диэлектрофореза.

Материалы и методы. Обследован 31 мужчина (50,6 ± 9,9 года) с жировой болезнью печени смешанного генеза (метаболический + алкогольный) со степенью фиброза 0–1 (FibroScan® 502 Echosens, Франция). Электрические, вязкоупругие параметры эритроцитов исследованы методом диэлектрофореза с помощью электрооптической системы детекции клеток в неоднородном переменном электрическом поле.

Результаты. Установлено, что пациенты с жировой болезнью печени смешанного генеза (метаболический + алкогольный) по сравнению с группой контроля имели эритроциты меньшего диаметра ($p < 0,05$), с большей долей сфероцитарных ($p = 0,0004$), деформированных форм ($p = 0,0005$) с меньшей способностью к деформации ($p < 0,0001$), более высокими обобщенными показателями вязкости ($p < 0,0001$), жесткости ($p < 0,0001$). Клетки красной крови пациентов с ЖБП имели более низкий поверхностный заряд, отражаемый более низкими величинами скорости движения клеток к электро-

¹ Работа выполнена по Государственному заданию в рамках бюджетных тем FWNR-2022-0024, FWNR-2023-0003

(metabolic + alcoholic) should be considered promising as biomarkers of this pathology and targets for therapeutic effects.

Keywords: fatty liver disease, mixed genesis, erythrocyte parameters, dielectrophoresis.

Жировая болезнь печени — ЖБП (жировой гепатоз, стеатоз, жировая инфильтрация, жировая дистрофия печени) — это хроническая патология, характеризующаяся повышенной аккумуляцией жира в печени, при которой происходит перерождение гепатоцитов в жировую ткань. Эта патология приобретает характер неинфекционной пандемии как в России (~37,3 % данные DIREG 2, 2015) [1], так и в странах Европы, США (20-33%) [2]. ЖБП гетерогенна, включает в себя алкогольную болезнь печени (АБП), связанную с потреблением гепатотоксических доз этанола, неалкогольную, первичную — НАЖБП, ассоциированную с проявлениями метаболического синдрома, после исключения перечня других неалкогольных этиологических факторов [3]. Общность морфологических изменений, звеньев патогенеза, метаболических сдвигов, перекреста предрасполагающих факторов послужила основанием для выделения новой нозологической формы — метаболически ассоциированной жировой болезни печени (metabolic associated fatty liver disease, MAFLD), рассматриваемой в рамках концепции «множественных параллельных ударов» [4].

Неблагоприятные гепатологические исходы у пациентов с ЖБП связаны с развитием фиброза печени, одним из факторов прогрессирования которого является гипоксия, в том числе, связанная с функциональным состоянием клеток красной крови [5]. Данные литературы свидетельствуют о наличии изменений структурно-функциональных параметров эритроцитов при алкогольном генезе заболевания (увеличение среднего корпускулярного объема эритроцитов, появление повышенного уровня триангулоцитов, обнаружение аномального фос-

дам ($p < 0,001$), дипольного момента ($p < 0,0001$), более высоким индексом агрегации ($p = 0,002$). Мембраны эритроцитов при ЖБП обладали более высокой способностью проводить электрический ток ($p < 0,0001$), более низкой емкостью ($p < 0,00001$). При ЖБП смешанного генеза сниженная резистентность эритроцитов ассоциирована с более низкими уровнями поляризуемости на высоких частотах электрического поля (10^6 , $0,5 \times 10^6$ Гц) ($p < 0,00001$), относительной поляризуемости ($p < 0,001$) и более высокими — на частотах $0,1 \times 10^6$ и $0,05 \times 10^6$ Гц ($p < 0,0001$), а также склонностью к гемолизу на всех частотах электрического поля ($p = 0,01-0,05$). Равновесная частота при ЖБП сдвинута в высокочастотный диапазон ($p = 0,0003$). Установлены корреляции уровней электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов с биохимическими показателями, отражающими проявление метаболического синдрома, нарушения функции печени и с показателями стиля потребления алкоголя, что, вероятно, отражает потенцирующий эффект двух этиологических факторов на клетки красной крови. *Заключение.* Выявленные особенности электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов у пациентов с ЖБП смешанного генеза (метаболический + алкогольный) следует считать перспективными в качестве биомаркеров данной патологии и таргетов для терапевтических воздействий.

Ключевые слова: жировая болезнь печени, смешанный генез, параметры эритроцитов, диэлектрофорез.

фолипида в мембранах клеток — фосфатидилэтанола, повышение уровня очень длинноцепочечных жирных кислот в составе фосфолипидов мембран и др.) [5, 6], неалкогольной жировой болезни печени (изменение соотношения фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина, профиля жирных кислот в мембране клеток [7], количества эритроцитов и ширины распределения эритроцитов по объему, снижение деформируемости клеток [8], в том числе, в связи с повышенным уровнем гликозилированного гемоглобина [9], изменение эритроцитарного паттерна цитокинов, сигнальных липидов [10]). Публикации об изменениях характеристик эритроцитов при смешанном генезе жировой болезни печени (метаболический + алкогольный) малочисленны.

Измененные параметры эритроцитов при ЖБП могут служить биомаркерами при диагностике данной патологии и потенциальными терапевтическими таргетами. Улучшение состояния клеток красной крови с помощью фармакологических воздействий может оказаться полезным в комплексной терапии пациентов этого профиля для снижения выраженности тканевой гипоксии — триггера фиброгенеза.

Обследован 31 мужчина ($50,6 \pm 9,9$ года) с жировой болезнью печени по данным УЗИ органов брюшной полости. Степень выраженности фиброза печени установлена методом непрямой эластометрии на аппарате FibroScan® 502 Echosens, Франция с разграничением стадии фиброза по шкале METAVIR от F0 до F4. У всех обследованных она не превышала первой степени.

У обследованных диагностирована смешанная этиология заболевания (метаболическая + алкогольная), по-

сколькx установлено регулярное потребление алкоголя пациентами с проявлениями метаболического синдрома согласно Рекомендациям экспертов ВНОК [11].

Вирусная этиология заболевания исключена на основании отсутствия серологических маркеров методом иммуноферментного анализа (ИФА) и/или ДНК и РНК вирусов методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). У пациентов были исключены генетически детерминированные заболевания, ассоциированные с ЖБП, аутоиммунный гепатит. Лекарственный анамнез и отмена препаратов повышенного риска поражения печени обеспечили исключение лекарственного гепатита. У пациентов не было длительного (более двух недель) парентерального питания как возможной причины развития ЖБП.

Всем мужчинам, включенным в исследование, определены индексы NAFLD liver fat score [12], Caro [13], подтверждающие наличие инсулинорезистентности и стеатоза печени.

В качестве группы сравнения отобраны мужчины, проходившие профилактическое обследование — 28 человек (средний возраст $47,3 \pm 14,3$ года), ведущих здоровый образ жизни, употребляющих алкоголь не чаще 1–2 раз в месяц в дозах, не превышающих 20 г в сутки в пересчете на чистый этанол, без манифестирующей патологии внутренних органов и проявлений метаболического синдрома.

Пациентам и лицам группы сравнения проведено комплексное клинико-инструментальное обследование, включающее изучение показателей красной крови, биохимии.

У всех обследованных изучены электрические и вязкоупругие параметры эритроцитов методом диэлектрофореза в неоднородном переменном электрическом поле (НПЭП) с помощью электрооптической системы детекции клеток [14]. Оценивали средний диаметр (мкм), доли дискоцитов, сфероцитов, деформированных клеток (%), поляризуемость клеток на разных частотах диапазона (m^3), относительную поляризуемость (соотношение величины показателя на 10^6 Гц к 10^5 Гц), обобщенные показатели жесткости (Н/м), вязкости (Па·с), электропроводность мембран (См/м), индексы деструкции (на разных частотах диапазона) (%) и агрегации (усл. ед.), амплитуду деформации эритроцитов на частоте 10^6 Гц (м), степень деформации клеток на частоте 5×10^5 Гц (%), емкость мембран эритроцитов (Ф), скорость движения клеток к электродам (мкм/с), положение равновесной частоты (Гц), величину дипольного момента (Кл × м). Для распознавания образа клеток и компьютерной обработки данных использовали пакет оригинальных программ CELLFIND. Ошибка воспроизводимости метода составила 7–12 %.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы IBM SPSS Statistics (версия 26.0). Перед проведением статистического анализа изучаемые параметры подвергались процедуре нормализации. Характер распределения количественных показателей проверяли критерием Колмогорова-Смирнова. В случае нормального распределения данные представлены в виде средних значений и стандартного отклонения ($M \pm SD$), при отсутствии нормального распределения в виде медианы и 25, 75 % квартилей ($Me [Q1; Q3]$). При сравнении двух нормально распределенных выборок использовался t-тест Стьюдента, при отсутствии нормального распределения применялся непараметрический критерий U-критерий Манна-Уитни. Выявление различий между уровнями электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов у пациентов с ЖБП смешанного генеза и лиц группы сравнения обеспечил дискриминантный анализ методом наименьших квадратов (ortho PLS-DA). Связи между признаками оценивались вычислением коэффициента линейной корреляции Пирсона; для интервальных и порядковых переменных, не подчиняющихся нормальному распределению, ранговым коэффициентом корреляции Спирмена. Статистическую значимость различий относительных показателей определяли по критерию χ^2 Пирсона. Критический уровень значимости определялся при $p < 0,05$.

Исследование одобрено Этическим Комитетом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательского института терапии и профилактической медицины» (протокол заседания № 122 от 29.11.2016). Все обследуемые дали информированное согласие на участие в работе в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266.

Клинико-биохимические показатели пациентов исследуемых групп представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Клинико-биохимические показатели, параметры красной крови у пациентов с жировой болезнью печени и в группе сравнения ($M \pm SD$)

Показатели	Группа сравнения, n = 28	Группа пациентов с ЖБП n = 31	p
Возраст, годы	47,3±14,3	50,6 ± 9,9	0,311
Окружность талии, см	91,8±2,98	115,7±2,6	0,000001

Показатели	Группа сравнения, n = 28	Группа пациентов с ЖБП n = 31	p
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	122,8±13,75	146,5±20,0	0,00002
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	78,5±12,69	90,4±20,5	0,009
Индекс массы тела, кг/м ²	24,2 ± 12,6	31,6 ± 5,12	0,005
Разовая доза алкоголя (г)	18,1 ± 4,5	103,1 ± 62,86	0,00001
Недельная доза алкоголя (г)	24,6 ± 5,3	211,0 ± 133,8	0,00001
Стаж потребления алкоголя (лет)	—	12,6 ± 5,9	—
Общий холестерин, ммоль/л	4,21 ± 0,81	6,02 ± 1,66	0,000001
Холестерин ЛПВП, ммоль/л	1,40 ± 0,34	1,10 ± 0,31	0,0005
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	2,87 ± 0,44	4,28 ± 1,58	0,00001
Триглицериды, ммоль/л	1,71 ± 1,35	3,08 ± 3,17	0,032
Глюкоза крови натощак, ммоль/л	4,6 ± 3,1	7,61 ± 2,65	0,0002
Общий белок, г/л	73,2 ± 10,1	69,4 ± 4,0	0,066
Альбумин, г/л	44,61 ± 4,3	43,6 ± 2,82	0,300
АЛТ, Ед/л	14,8 ± 7,9	27,2 ± 18,1	0,001
АСТ, Ед/л	12,4 ± 6,8	23,1 ± 10,9	0,00002
Коэффициент Де Ритиса (АСТ/АЛТ)	0,87 ± 0,21	0,92 ± 0,08	0,243
ГГТП, Ед/л	15,3 ± 9,5	57,9 ± 46,2	0,000006
ЩФ, Ед/л	125,2 ± 38,6	151,7 ± 56,5	0,038
Общий билирубин, мкмоль/л	12,9 ± 4,7	13,4 ± 8,12	0,771
Прямой билирубин, мкмоль/л	3,6 ± 3,1	3,34 ± 2,24	0,713
Мочевая кислота, мг/дл	171,7 ± 66,1	363,1 ± 66,4	0,00001
Креатинин, мкмоль/л	72,7 ± 14,8	81,6 ± 9,3	0,008
Мочевина, ммоль/л	5,4 ± 7,4	5,41 ± 1,29	0,994
Железо сыворотки, мкмоль/л	10,7 ± 7,9	16,6 ± 6,79	0,003
ОЖСС, мкмоль/л	64,5 ± 2,97	60,0 ± 3,73	0,091
Эластичность печени, кПа	4,47 ± 2,22	5,63 ± 2,56	0,067
Индекс NAFLD liver fat score	-1,78 ± 0,33	2,39 ± 0,58	0,000001
Индекс Саго	0,45 ± 0,04	0,26 ± 0,08	0,038
Количество эритроцитов, × 10 ¹² /л	4,62 ± 0,38	4,97 ± 0,45	0,001
Гематокрит, %	42,94 ± 2,62	45,1 ± 4,39	0,024
СО ₂ , мм/ч	8,85 ± 3,96	13,65 ± 8,75	0,0077

Пациенты с ЖБП смешанного генеза были сопоставлены с лицами группы сравнения по возрасту, все обследованные

больные имели проявления метаболического синдрома. У них оказались значимо выше окружность талии, индекс массы тела, величины систолического и диастолического артериального давления, уровни показателей липидного профиля — общего холестерина, холестерина ЛПНП, триглицеридов, глюкозы крови натощак, мочевой кислоты, напротив, уровень ХС ЛПВП был ниже, чем в группе контроля (p=0,0005). 28 мужчин с ЖБП (90,3 %) имели избыточную массу тела (8 человек, 25,8 %) или ожирение (по 9 человек 1 и 2 степени (58 %), 2 мужчин (6,5 %) — 3 степени). У 10 (32,3 %) обследуемых диагностирован предиабет, в 9 случаях (29 %) — сахарный диабет 2 типа. Все пациенты с ЖБП систематически потребляли алкогольные напитки с частотой более раза в неделю в большей части случаев (27 человек, 87 %) с разовыми и недельными дозами, статистически значимо большими, чем в группе сравнения (p<0,00001). Величина индекса Саго менее 0,33 свидетельствовала о наличии инсулинорезистентности у всех пациентов с ЖБП. Около трети пациентов потребляли крепкие алкогольные напитки (водка), 8 человек (25,8 %) предпочитали пиво, в 6 (19,4 %) случаях отмечено одномоментное потребление водки и пива; преимущественно вино потребляли 6 человек (в том числе, двое сочетали его с пивом); один пациент сообщил о потреблении алкогольных напитков различной крепости. Средний стаж потребления алкоголя превышал 12 лет.

По данным непрямой эластометрии печени степень фиброза у всех обследованных не превышала 1 степени, по величине эластичности печени в кПа отмечена тенденция к большим величинам при ЖБП, чем в контроле. Значения шкалы содержания жира у пациентов с ЖБП (NAFLD liver fat score), связанной с инсулинорезистентностью, превышающие 0,64, подтверждали наличие стеатоза печени [12].

При анализе печеночных проб выявлены статистически значимо более высокие активности трансаминаз, щелочной фосфатазы, уровни железа сыворотки крови у больных с ЖБП, чем в контроле (p<0,05). Вместе с тем, эти величины находились в границах референтных значений. Лишь активность ГГТП превышала верхнюю границу нормы у пациентов с жировой болезнью печени, отражая факт систематического потребления алкоголя. Отмечена тенденция к снижению уровня общего белка.

Таким образом, среди обследованных пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза преобладали лица с проявлениями метаболического синдрома систематически потребляющие алкоголь в токсических дозах с наличием признаков стеатоза печени или стеатогепатита минимальной биохимической активности с невыраженным фиброзом печени.

Анализируя традиционно используемые показатели красной крови в обследованных группах (таблица 1),

оказалось, что количество эритроцитов ($p < 0,001$), СОЭ ($p = 0,0077$) и гематокрит ($p = 0,024$) были выше у пациентов с ЖБП, чем в контроле. По остальным параметрам группы были сопоставимы.

При сравнении электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов у пациентов жировой болезнью печени смешанного генеза и здоровыми лицами установлено, что клетки красной крови при ЖБП имели меньший диаметр, большую долю сфероцитарных, деформированных клеток при меньшей дискоцитарных ($p < 0,05$) (таблицы 2, 3). Эритроциты пациентов с ЖБП имели меньшую амплитуду деформации на высоких частотах электрического поля, емкость клеток, скорость движения к электродам, дипольный момент, а также более низкие значения поляризуемости на частотах 10^6 и $0,5 \times 10^6$ Гц, относительной поляризуемости, чем лица группы сравнения ($p < 0,05$) (таблицы 2, 3). Напротив, обобщенные показатели вязкости и жесткости, электропроводность, индекс агрегации, деструкции на разных частотах электрического поля, поляризуемость на низких частотах ($0,1 \times 10^6$, $0,05 \times 10^6$) оказались выше, чем у мужчин контрольной группы ($p < 0,05$). Равновесная частота у пациентов с ЖБП оказалась смещенной в высокочастотный диапазон ($p = 0,003$).

Таблица 2.

Электрические и вязкоупругие показатели эритроцитов в группе сравнения и у пациентов с жировой болезнью печени (Me [25 %; 75 %])

Показатели	Группа сравнения, n = 28	Пациенты с ЖБП n = 31	p
Средний диаметр эритроцита, мкм	7,56 [7,54; 7,58]	7,52 [7,50; 7,54]	0,05
Доля дискоцитов, %	76,9 [75,5; 81,4]	67,2 [59,4; 73,5]	0,007
Доля сфероцитов, %	15,1 [10,2; 18,7]	31,7 [24,5; 35,1]	0,0004
Доля деформированных клеток, %	12,4 [10,8; 16,1]	29,1 [23,4; 32,8]	0,0005
Амплитуда деформации на частоте 10^6 Гц, м	$7,9 \cdot 10^{-6}$ [$7,3 \cdot 10^{-6}$; $8,3 \cdot 10^{-6}$]	$6,3 \cdot 10^{-6}$ [$5,82 \cdot 10^{-6}$; $6,57 \cdot 10^{-6}$]	0,0001
Степень изменения амплитуды деформации на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц, %	72 [68; 76]	40,5 [32,5; 48,8]	0,0001
Обобщенный показатель жесткости, Н/м	$8,11 \cdot 10^{-6}$ [$7,92 \cdot 10^{-6}$; $8,29 \cdot 10^{-6}$]	$9,51 \cdot 10^{-6}$ [$9,25 \cdot 10^{-6}$; $9,84 \cdot 10^{-6}$]	0,0001
Обобщенный показатель вязкости, Па x с	0,62 [0,58; 0,65]	0,72 [0,71; 0,75]	0,0001

Показатели	Группа сравнения, n = 28	Пациенты с ЖБП n = 31	p
Емкость клеточной мембраны, Ф	$7,19 \cdot 10^{-14}$ [$6,87 \cdot 10^{-14}$; $7,62 \cdot 10^{-14}$]	$2,81 \cdot 10^{-14}$ [$1,45 \cdot 10^{-14}$; $4,99 \cdot 10^{-14}$]	0,00001
Электропроводность клеток, См/м	$5,48 \cdot 10^{-5}$ [$5,41 \cdot 10^{-5}$; $5,66 \cdot 10^{-5}$]	$8,62 \cdot 10^{-5}$ [$5,69 \cdot 10^{-5}$; $9,12 \cdot 10^{-5}$]	0,0001
Скорость движения E_r к электродам, мкм/с	5,8 [5,2; 6,3]	3,7 [3,0; 4,2]	0,001
Положение равновесной частоты, Гц	0,47·106 [0,43·106; 0,51·106]	0,81·106 [0,40·106; 1,26·106]	0,003
Дипольный момент, Кл x м	$7,04 \cdot 10^{-21}$ [$3,42 \cdot 10^{-21}$; $7,67 \cdot 10^{-21}$]	$4,1 \cdot 10^{-21}$ [$3,42 \cdot 10^{-21}$; $5,1 \cdot 10^{-21}$]	0,0001
Индекс агрегации E_r , усл. коэффициент	0,61 [0,58; 0,61]	0,685 [0,64; 0,738]	0,002

Таблица 3.

Уровни индекса деструкции эритроцитов ($M \pm SD$) и показателей поляризуемости в группе сравнения и у пациентов с жировой болезнью печени (Me [25 %; 75 %])

Показатели	Группа сравнения, n = 28	Пациенты с ЖБП n = 31	p
Индекс деструкции E_r на частоте 10^6 Гц, %	$0,202 \pm 0,211$	$0,474 \pm 1,187$	0,05
Индекс деструкции E_r на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц, %	$0,028 \pm 0,118$	$0,538 \pm 1,202$	0,02
Индекс деструкции E_r на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц, %	$0,053 \pm 0,201$	$0,661 \pm 1,72$	0,03
Индекс деструкции E_r на частоте $0,5 \times 10^5$ Гц, %	$0,041 \pm 0,297$	$0,448 \pm 1,23$	0,01
Поляризуемость на частоте 10^6 Гц, м ³	$3,3 \cdot 10^{-15}$ [$3,1 \cdot 10^{-15}$; $3,6 \cdot 10^{-15}$]	$0,886 \cdot 10^{-15}$ [$0,403 \cdot 10^{-15}$; $1,5 \cdot 10^{-15}$]	0,00001
Поляризуемость на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц, м ³	$2,9 \cdot 10^{-15}$ [$2,6 \cdot 10^{-15}$; $3,2 \cdot 10^{-15}$]	$0,717 \cdot 10^{-15}$ [$0,432 \cdot 10^{-15}$; $1,32 \cdot 10^{-15}$]	0,00001
Поляризуемость на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц, м ³	$-3,6 \cdot 10^{-15}$ [$-3,2 \cdot 10^{-15}$; $-4,1 \cdot 10^{-15}$]	$-1,45 \cdot 10^{-15}$ [$-0,756 \cdot 10^{-15}$; $-2,12 \cdot 10^{-15}$]	0,0001
Поляризуемость на частоте $0,05 \times 10^6$ Гц, м ³	$-2,8 \cdot 10^{-15}$ [$-2,5 \cdot 10^{-15}$; $-3,3 \cdot 10^{-15}$]	$-0,864 \cdot 10^{-15}$ [$-0,528 \cdot 10^{-15}$; $-1,71 \cdot 10^{-15}$]	0,0001
Относительная поляризуемость	1,27 [0,88; 1,51]	0,635 [0,293; 1,362]	0,001

На частоте 10^6 Гц индекс деструкции от 1,6 до 4,5 % зарегистрирован у 5 больных (16,1 %), на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц уровень гемолиза от 1,5 до 4,5 % наблюдался у 6 человек (19,4 %). На низких частотах электрического поля уровень гемолиза был выше — на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц от 1,4 до 8,5 % у шести мужчин (19,4 %); на частоте $0,5 \times 10^5$ Гц лизис клеток на уровне от 2,4 до 5 % был установлен у 4 человек (12,9 %).

Проведенный дискриминантный анализ (ortho PLS-DA) позволил подтвердить выявленные различия в уровнях электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов у пациентов с ЖБП смешанного генеза и в группе сравнения (рисунок 1).

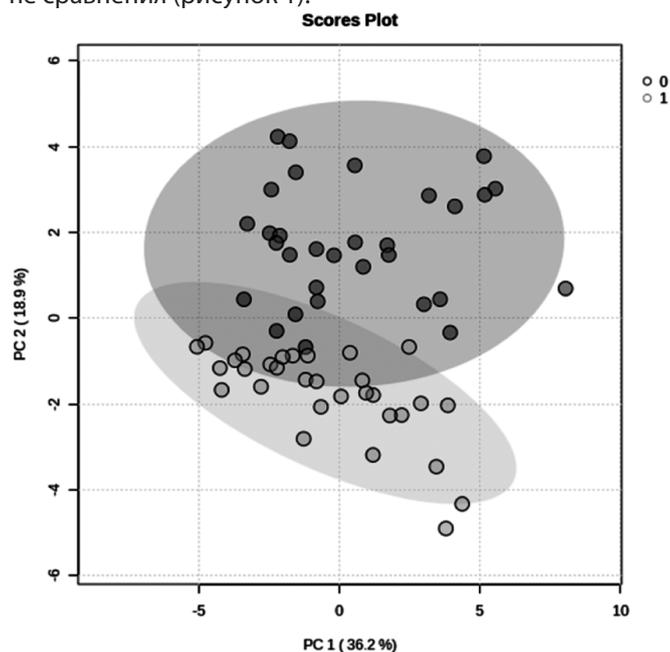


Рис. 1. Метод ortho PLS-DA в различении электрических и вязкоупругих показателей эритроцитов (непарная статистика) у пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза (темное облако, темные точки) и лиц группы сравнения (светлое облако, светлые точки)

Корреляционный анализ выявил обилие ассоциаций между биохимическими показателями и электрическими, вязкоупругими параметрами эритроцитов. С характеристиками липидного профиля, в частности, с уровнем общего холестерина (ОХС) и холестерина ЛПНП (ХС ЛПНП) оказались ассоциированы параметры эритроцитов, отражающие уровень поверхностного заряда клеток (скорость движения клеток к электродам — ОХС $r=-0,418$, $p=0,019$; ХС ЛПНП $r=-0,481$, $p=0,011$; дипольный момент — ОХС $r=-0,412$, $p=0,002$, ХС ЛПНП $r=-0,417$, $p=0,011$), резистентность эритроцитов (поляризуемость на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц — ХС ЛПНП $r=-0,326$, $p=0,047$; относительная поляризуемость — ОХС $r=-0,420$, $p=0,023$, ХС ЛПНП $r=-0,421$, $p=0,029$), вязкоупругие параметры клетки (обобщенный показатель жесткости — ОХС

$r=0,383$, $p=0,034$; обобщенный показатель вязкости — ОХС $r=0,366$, $p=0,043$; доля дискоцитов — ОХС $r=-0,451$, $p=0,011$). Уровень ХС ЛПВП имел ассоциации обратной направленности, по сравнению уровнем ОХС, с долей дискоцитов ($r=0,500$, $p=0,004$) и величиной дипольного момента ($r=0,387$, $p=0,04$). Уровень ХС ЛПВП был ассоциирован с показателем емкости, отражающим структуры мембран ($r=0,308$, $p=0,05$).

С показателями синдрома цитолиза (трансаминазы, билирубин) более тесные связи установлены для поляризуемости клеток на разных частотах электрического поля, электропроводности, емкости мембран эритроцитов. Установлены корреляции активности АЛТ с поляризуемостью на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц ($r=-0,357$, $p=0,053$), на частоте $0,05 \times 10^6$ Гц ($r=0,424$, $p=0,022$), с емкостью мембраны ($r=-0,310$, $p=0,059$), со скоростью движения эритроцитов ($r=-0,323$, $p=0,056$), положением равновесной частоты ($r=0,365$, $p=0,05$), с дипольным моментом ($r=-0,309$, $p=0,03$), с обобщенным показателем вязкости ($r=0,308$, $p=0,052$). Активность ЩФ ассоциирована с поляризуемостью на частоте 10^6 Гц ($r=-0,438$, $p=0,014$), на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц ($r=0,386$, $p=0,039$), с дипольным моментом ($r=-0,353$, $p=0,023$). Уровень общего и прямого билирубина был связан с долей деформированных клеток ($r=0,366$, $p=0,043$ и $r=0,365$, $p=0,05$), общего билирубина — с электропроводностью клеток ($r=0,339$, $p=0,052$), с величиной дипольного момента ($r=-0,417$, $p=0,01$). Показатель белок-синтетической функции печени — уровень общего белка — показал корреляции с долей дискоцитов ($r=0,330$, $p=0,067$), поляризуемостью на частоте 10^6 Гц ($r=0,404$, $p=0,024$), на частоте $0,05 \times 10^6$ Гц ($r=-0,386$, $p=0,039$). Уровень альбумина оказался ассоциирован с поляризуемостью на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц ($r=-0,339$, $p=0,052$), электропроводностью клеток ($r=-0,463$, $p=0,01$), емкостью клеточной мембраны ($r=0,363$, $p=0,053$). Уровень мочевой кислоты продемонстрировал ассоциации с вязкоупругими характеристиками эритроцитов: прямые — с обобщенными показателями вязкости ($r=0,419$, $p=0,019$), жесткости ($r=0,369$, $p=0,041$), обратные — с амплитудой деформации ($r=-0,327$, $p=0,053$), и поляризуемостью на частоте 10^6 Гц ($r=-0,352$, $p=0,052$). Уровень креатинина оказался связанным с обобщенными показателями вязкости ($r=0,336$, $p=0,054$), жесткости ($r=0,457$, $p=0,01$), с амплитудой деформации ($r=-0,457$, $p=0,01$) и положением равновесной частоты ($r=0,406$, $p=0,029$). Обнаружены корреляции уровня мочевины с поляризуемостью на частоте 10^6 Гц ($r=-0,373$, $p=0,042$), на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц ($r=-0,385$, $p=0,039$). Показатель ОЖСС демонстрировал сильные корреляции с показателями вязкости ($r=-0,758$, $p=0,003$), жесткости ($r=-0,609$, $p=0,027$), с амплитудой деформации ($r=0,609$, $p=0,027$).

Степень гемолиза эритроцитов на частоте $0,5 \times 10^6$ Гц обратно коррелировала с уровнем глюкозы натощак

($r=-0,518$, $p=0,004$) и прямо — с крепостью потребляемого алкогольного напитка ($r=0,449$, $p=0,014$). Уровень гемолиза на низкой частоте $0,1 \times 10^6$ Гц был обратно связан с уровнями гемоглобина ($r=-0,372$, $p=0,043$), гематокрита ($r=-0,326$, $p=0,05$) и прямо — с величиной RDW-CV ($r=0,368$, $p=0,045$). Доля дискоцитов оказалась прямо ассоциирована с количеством эритроцитов ($r=0,409$, $p=0,022$), уровнем гемоглобина ($r=0,452$, $p=0,011$), гематокрита ($r=0,415$, $p=0,02$) и обратно — с RDW-CV ($r=-0,493$, $p=0,005$). Величина электропроводности прямо коррелировала с СОЭ ($r=0,375$, $p=0,038$), а поляризуемость — с величиной цветового показателя (на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц $r=-0,411$, $p=0,027$, относительная поляризуемость — $r=0,413$, $p=0,026$), а также со значением MCHC (на частоте $0,05 \times 10^6$ Гц $r=-0,342$, $p=0,059$). Уровень поляризуемости на частоте $0,1 \times 10^6$ Гц оказался связанным с показателями стиля потребления алкоголя — с разовой дозой ($r=0,314$, $p=0,047$), стажем систематического приема алкоголя ($r=0,396$, $p=0,034$).

Для исследования параметров клеток красной крови у пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза использован метод диэлектрофореза, оценивающий воздействие на эритроциты неоднородного переменного электрического поля с разными частотами, что позволяет моделировать влияние стресса различной интенсивности [8, 14]. Ряд параметров (скорость движения клеток к электродам, дипольный момент, индекс агрегации, доля деформированных клеток) ассоциирован с величиной отрицательного поверхностного заряда эритроцитов. Состояние мембран клеток характеризуют электропроводность и емкость клеток. Перечень характеристик отражает функциональный потенциал эритроцитов, включая состояние мембран и внутреннего содержимого эритроцита (амплитуда деформации, обобщенные показатели вязкости, жесткости). Наконец, часть показателей дает возможность анализировать резистентность клеток красной крови и способность к адаптации (поляризуемость, индексы деструкции) [14]. В проведенных ранее исследованиях показана высокая чувствительность метода диэлектрофореза к выявлению реакций эритроцитов на воздействие различных факторов, включая вирусы, бактерии, наночастицы, химические соединения [14]. Преимуществом предложенного подхода является раннее выявление изменений эритроцитов по сравнению с рутинными индексами.

В нашем исследовании выявлено, что эритроциты пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза отличаются от клеток лиц группы сравнения меньшим поверхностным зарядом (сниженные скорость движения клеток к электродам, дипольный момент, повышенный индекс агрегации, смещение равновесной частоты в высокочастотный диапазон), более низкой способностью к деформации (сниженные величины амплитуды деформации на высоких частотах электрического поля

при повышенных обобщенных показателях вязкости, жесткости), повышенной способностью утолщенной мембраны проводить электрический ток (повышенная электропроводность на фоне сниженной емкости клеток), сниженной резистентностью (более низкие уровни поляризуемости на высоких частотах, относительной поляризуемости, повышенные индексы деструкции) ($p<0,05$).

У пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза проявления метаболического синдрома потенцируются систематическим потреблением алкоголя в токсических дозах, что, вероятно, в большей степени влияет на состояние клеток красной крови, чем метаболические нарушения и алкоголизация по отдельности. Вместе с тем, большие сдвиги в структурно-функциональных параметрах эритроцитов ассоциированы с утяжелением течения жировой болезни печени. В исследовании Dai X. et al. было показано, что количество эритроцитов было связано с повышенным риском развития метаболически-ассоциированной жировой болезни печени, и эта связь не зависела от возраста, расы, ИМТ и других значимых факторов [15]. Zhong F. et al. показали связь между числом эритроцитов и тяжестью, а также прогрессированием жировой болезни печени [16]. Результаты настоящей работы с выявлением достоверно большего количества эритроцитов у пациентов с ЖБП согласуются с данными этих исследований.

Одним из ключевых механизмов возникновения МАЖБП является резистентность к инсулину. Инсулинорезистентность является общей патофизиологической основой метаболических нарушений, включая ожирение, сахарный диабет 2 типа, гипертонию, дислипидемию и метаболический синдром [17]. Barbieri et al. представили *in vivo* доказательства взаимосвязи между инсулинорезистентностью и количеством эритроцитов [18]. Несколько исследований также показали, что резистентность к инсулину связана с повышенной степенью агрегации эритроцитов [19]. В ряде работ представлены данные, что эритроциты являются основным источником сфингозин 1-фосфата (S1P) плазмы — внутриклеточного биолипида, реагирующего на тканевую гипоксию путем усиления гликолиза эритроцитов и доставки кислорода [20]. При развитии метаболически-ассоциированной жировой болезни печени возникает микросреда гипоксии, в которой накопление липидов в кровеносных сосудах и печени приводит к ограничению кровоснабжения гепатоцитов, что указывает на возможную роль S1P в данном процессе [21]. Также было показано, что S1P связан с резистентностью к инсулину, гиперлипидемией и воспалением [22]. Сообщалось, что активация пути SphK1/S1P/S1P2R может ингибировать петлю обратной связи секреции инсулина и чувствительности к нему [23]. Экспериментальные исследования на животных и на людях выявили положительную корреляцию между S1P плазмы

и уровнем холестерина ЛПНП, демонстрируя значимую функцию S1P в условиях гиперлипидемии [24]. Более того, воспаление играет важную роль в прогрессировании жировой болезни печени. Согласно нескольким сообщениям, S1P активирует S1PR2, предотвращая миграцию макрофагов в область воспаления [20]. Следует отметить, что при НАЖБП обнаруживается измененный липидный профиль мембран эритроцитов [7], подразумевая, что изменения количества и состава липидов в мембране эритроцитов могут оказывать влияние на патогенез и развитие стеатоза или стеатогепатита [25]. Кроме того, также была обнаружена взаимосвязь между составом жирных кислот мембран и резистентностью к инсулину [26].

Выявленные в настоящем исследовании изменения морфологических параметров эритроцитов — увеличение сфероцитарных, деформированных форм клеток, вероятно, связаны с гипергликемией, с аномальным липидным профилем плазмы и повышенной концентрацией перекисей липидов [27]. Показано, что при наличии сахарного диабета скорость поглощения глюкозы, активность ферментов, а также выработка и утилизация промежуточных метаболитов и АТФ в эритроцитах пациентов существенно изменены, что, в том числе, влияет на морфологию клеток [28, 29]. Кроме того, очевидно, влияние систематически потребляемого алкоголя. Так, в исследовании Lee SY et al. установлено повышение уровня сферичности клеток под воздействием даже умеренных доз этанола на эритроциты [30].

Известно, что деформируемость эритроцитов определяется механическими свойствами внешней части клеточной мембраны, вязкостью цитоплазмы клетки и отношением ее объема к площади поверхности [31]. Механические свойства (модуль сдвига, модуль изгиба и модуль расширения площади) мембраны эритроцитов определяются ее спектриновой сетью, составом липидной части мембраны и формой эритроцитов. Вязкость цитоплазмы клетки в первую очередь определяется концентрацией гемоглобина и особенностями его структуры [32, 33]. Отклонения от нормальной двояковогнутой формы, уменьшенное отношение площади к объему, более высокий модуль сдвига мембраны и ее вязкость или повышенная вязкость цитоплазмы, как правило, снижают деформируемость.

Снижение способности эритроцитов к деформации с повышением обобщенных жесткости и вязкости может быть обусловлено усиленным гликозилированием мембран эритроцитов и гемоглобина на фоне гипергликемии [34], которая была выявлена у пациентов с ЖБП в нашей работе. Измененная молекулярная архитектура липидного бислоя мембраны эритроцитов [35], снижение текучести мембран клеток, вызванное увеличением неферментативного гликозилирования, активных

форм кислорода и перекисного окисления липидов [36] также ассоциируют со снижением способности клеток к деформации. Babu N. et al. показали значимость дислипидемии для деформируемости клеток [37]. Очевидно, данный фактор также мог повлиять на амплитуду деформации эритроцитов у пациентов с ЖБП. Shin S. et al. продемонстрировали, что снижение деформируемости эритроцитов сокращает продолжительность жизни клеток, а агрегация разрушенных эритроцитов в микросудах затрудняет кровоток, что в конечном итоге приводит к гипоксии в тканях организма, включая печень [38]. Кроме того, Weuckamp C. показал, что гликозилированный гемоглобин (HbA1c) обладает повышенным сродством к O_2 ; следовательно, более высокие концентрации HbA1c у пациентов с гипергликемией приводят к трудностям с выделением кислорода клеткам и снижению кислород-транспортирующей функции эритроцитов [39]. Оксид азота (NO), вырабатываемый эритроцитами, участвует в деформации клеток на микроциркуляторном уровне, а снижение биодоступности NO в клетках красной крови приводит к снижению их деформируемости и повышенной адгезии, что ассоциировано с нарушениями микроциркуляции [40, 41].

Существенно влияет на способность эритроцитов к деформации и алкоголь. Исследования, проведенные с использованием фильтрации через микропоры, показали, что деформируемость эритроцитов снижается у систематически потребляющих алкоголь [42]. С одной стороны, этанол и его метаболит — ацетальдегид существенно изменяют структуру мембран эритроцитов — усиление перекисного окисления липидов приводит к уменьшению цис-двойных связей в жирно-кислотных остатках фосфолипидов, в ходе чего увеличивается число упорядоченных участков в мембране эритроцитов [43]. Установлено увеличение соотношения холестерина/фосфолипиды в мембранах эритроцитов для обеспечения устойчивости к разжижающему эффекту этанола у систематически потребляющих этанол. Кроме того, происходит изменение соотношения фракций фосфолипидов со снижением легкоокисляемых (фосфатидилхолина, фосфатидилэтаноламина и др.) и повышением лизофракций [43]. Воздействие этанола на мембранные белки, гликаны ассоциировано со снижением активности мембраносвязанных ферментов, которая также зависит от липидного микроокружения — Ca^{2+} -насоса, Na^+/K^+ -АТФазы. В результате в эритроцитах возрастает концентрация ионов Ca^{2+} , что приводит к агрегации молекул спектрина, локализованного на цитоплазматической поверхности мембраны, снижению уровня АТФ в клетках [44, 45]. Значительные сдвиги в структуре мембран эритроцитов у систематически потребляющих алкоголь являются одной из причин их сниженной деформируемости [46]. С другой стороны, этанол и ацетальдегид существенно влияют на структуру гемоглобина, повышая его вязкость из-за агрегации молекул в результате ис-

тощения АТФ, аккумуляции внутриклеточного кальция [30]. В условиях дефицита восстановленного глутатиона воздействие активных форм кислорода может способствовать образованию спектрин-гемоглобиновых ассоциатов, а также усиливать аутоокисление гемоглобина [47]. Вышеописанные факторы, вероятно, вносят вклад в повышение обобщенных показателей вязкости, жесткости и снижение амплитуды деформации у пациентов с жировой болезнью печени смешанного генеза. Существенная модификация структуры мембран, вероятно, ассоциирована с повышением способности проводить электрический ток, изменением ее емкости. Следует учитывать и воздействие на мембрану эритроцитов сывороточных компонентов — липидных (холестерина, липопротеинов), белковых (фибриногена, С-реактивного протеина, гамма-глобулинов), изменяющих толщину мембраны, ее свойства и снижающих отрицательный поверхностный заряд эритроцитов [48].

Показано, что повышенная сферичность эритроцитов из-за потери площади поверхности при потреблении даже умеренных доз этанола может ухудшить деформируемость клеток [30].

Обнаруженные признаки снижения поверхностного заряда эритроцитов у пациентов с ЖБП смешанного генеза, вероятно, обусловлены рядом причин. Показано, что у пациентов с сахарным диабетом снижается общее содержание белка (в частности, гликопротеинов) в мембране эритроцитов, тогда как активность сиалидазы повышается, что, в свою очередь, уменьшает содержание сиаловых кислот на поверхности клеток. В результате поверхностный отрицательный заряд клеток красной крови уменьшается, а агрегация эритроцитов увеличивается [49]. Повышенная агрегация и адгезия затрудняют разделение агрегированных эритроцитов на отдельные клетки, когда кровь течет с высокой скоростью сдвига. Эритроциты в составе агрегатов закупоривают кровеносные сосуды, вызывают недостаточную перфузию, местную ишемию тканей и гипоксию, что серьезно влияет на кровоток и транспорт кислорода, являясь триггером фиброгенеза в печени.

Гипергликемия также снижает антиоксидантную способность за счет снижения уровней антиоксидантов в тканях, таких как витамин Е, глутатион, каталаза и супероксиддисмутаза [50]. У больных сахарным диабетом наблюдается высокая степень окислительного стресса, а антиоксидантная способность эритроцитов снижена [51]. Эритроциты уязвимы к оксидативному стрессу, и окисление структурных белков (таких как цитоскелеты и мембранные белки) и функциональных белков (таких как ферменты) может дополнительно влиять на функцию клеток [52]. Деформируемость эритроцитов, поврежденных окислительным стрессом, значительно снижается, что затрудняет прохождение эритроцитов через микрососуды.

Гипергликемия, повышенный осмос и оксидативный стресс у пациентов с сахарным диабетом изменяют концентрацию железа и белка внутри и снаружи эритроцитов, а затем активируют путь эриптоза [53]. У пациентов с сахарным диабетом основные механизмы эриптоза включают воздействие ионов кальция, фактора активации тромбоцитов и каспазный путь; эти патогенетические направления взаимодействуют друг с другом [53–55]. Вышеописанные обстоятельства определяют снижение резистентности клеток, уменьшенные уровни поляризуемости на высоких частотах электрического поля и склонность к гемолизу эритроцитов, выявленные у пациентов с ЖБП в настоящей работе.

Систематическое потребление алкоголя усугубляет сдвиги в структурно-функциональных параметрах эритроцитов. Этанол снижает уровни сиаловых и нейраминных кислот мембран эритроцитов, которые определяют большую часть заряда клеток [56]. С уровнем сиаловых кислот связана и резистентность эритроцитов [57]. Снижение поверхностного дзета-потенциала эритроцитов, возможно, связано и с уменьшением уровня калия внутри клетки вследствие инактивации пентозного пути при хроническом воздействии этанола [58], а также с количественными и качественными изменениями компонентов суспензионной среды (плазмы) [59]. Действие ацетальдегида на фермент пентозофосфатного пути глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу эритроцита приводит к нарушению образования восстановленного глутатиона, а поэтому происходит снижение антиоксидантной защиты [60]. Проявлением этого является повышенный гемолиз эритроцитов, который Bulle S. et al. связали также с повышенным окислением липидов и белков, измененным соотношением холестерина/фосфолипиды и измененным профилем белков мембранного цитоскелета эритроцитов [61].

Выявленные корреляции электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов с биохимическими показателями, с одной стороны, являются отражением взаимодействий между эритроцитами и компонентами сыворотки крови (включая, липопротеины, белки), которые могут влиять на уровень поверхностного заряда клеток, модифицировать электрические, вязкоупругие параметры мембран эритроцитов [62]. С другой стороны, показано, что гемолиз эритроцитов ассоциирован с повышением активности трансаминаз, билирубина [63]. Ассоциации уровней параметров клеток красной крови с традиционными эритроцитарными показателями, вероятно, отражают сходные или инверсные тренды их изменений. Выявленные связи ряда характеристик эритроцитов с аспектами стиля потребления алкоголя подтверждают возможности метода диэлектрофореза регистрировать изменения эритроцитов, связанные с воздействием внешних агентов, в частности, этанола [14].

Таким образом, пациенты с жировой болезнью печени смешанного генеза (метаболический + алкогольный) по сравнению с группой контроля имели эритроциты меньшего диаметра ($p < 0,05$), с большей долей сфероцитарных ($p = 0,0004$), деформированных форм ($p = 0,0005$) с меньшей способностью к деформации ($p < 0,0001$), более высокими обобщенными показателями вязкости ($p < 0,0001$), жесткости ($p < 0,0001$). Клетки красной крови пациентов с ЖБП имели более низкий поверхностный заряд, отражаемый более низкими величинами скорости движения клеток к электродам ($p < 0,001$), дипольного момента ($p < 0,0001$), более высоким индексом агрегации ($p = 0,002$). Мембраны эритроцитов при ЖБП обладали более высокой способностью проводить электрический ток ($p < 0,0001$), более низкой емкостью ($p < 0,00001$). При ЖБП смешанного генеза сниженная резистентность эритроцитов ассоциирована с более низкими уровнями поляризуемости на высоких частотах электрического поля, а также склонностью к гемолизу ($p = 0,01$). Равно-

весная частота при ЖБП сдвинута в высокочастотный диапазон ($p = 0,0003$).

Широкий спектр характеристик эритроцитов достоверно изменен у пациентов с ЖБП, отмечены взаимосвязи с липидными нарушениями. Установлены корреляции уровней электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов с биохимическими показателями, отражающими проявление метаболического синдрома, нарушения функции печени, и с показателями стиля потребления алкоголя, что, вероятно, отражает потенцирующий эффект двух этиологических факторов на клетки красной крови.

Выявленные особенности электрических, вязкоупругих параметров эритроцитов у пациентов с ЖБП смешанного генеза (метаболический + алкогольный) следует считать перспективными в качестве биомаркеров данной патологии и таргетов для терапевтических воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашкин В.Т., Драпкина О.М., Маев И.В., Трухманов А.С., Блинов Д.В., Пальгова Л.К., Цуканов В.В., Ушакова Т.И. Распространенность неалкогольной жировой болезни печени у пациентов амбулаторно-поликлинической практики в Российской Федерации: результаты исследования DIREG 2. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2015; 6: 31–41.
2. McCullough A.J. Epidemiology of the metabolic syndrome in the USA. *Journal of Digestive Diseases*. 2011; 12(5): 333–340.
3. Eslam M, Newsome PN, Sarin SK, et al. A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement. *J Hepatol*. 2020;73(1):202–9. doi:10.1016/j.jhep.2020.03.039
4. Balmer M.L., Dufour J.F. Non-alcoholic steatohepatitis — from NAFLD to MAFLD. *Ther. Umsch*. 2011; 68(4): 183–188.
5. Подымова С.Д. Болезни печени: Руководство для врачей. Изд. 5-е, перераб. и доп. М: ООО «Медицинское информационное агентство», 2018. 984 с.
6. Shiraishi K, Matsuzaki S, Itakura M, Ishida H. Abnormality in membrane fatty acid compositions of cells measured on erythrocyte in alcoholic liver disease. *Alcohol Clin Exp Res*. 1996 Feb;20(1 Suppl):56A–59A. doi: 10.1111/j.1530-0277.1996.tb01730.x.
7. Кручинина М.В., Паруликова М.В., Першина Н.Е., Кручинина Э.В. Жирные кислоты мембран эритроцитов как биомаркеры неалкогольной жировой болезни печени у мужчин. *Атеросклероз*, 2022; 18 (4): 362–380. doi: 10.52727/2078-256X-2022-18-4-362-380
8. Kruchinina M., Kurilovich S., Gromov A., Generalov V. and Kruchinin V. (2016) Peculiarities of Erythrocytic Parameters in Patients with Nonalcoholic Steatohepatitis. *Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation*, 6, 6–14. doi: 10.4236/jasmi.2016.61002.
9. Papadopoulos C, Tentes I, Anagnostopoulos K. Red Blood Cell Dysfunction in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Marker and Mediator of Molecular Mechanisms. *Maedica (Bucur)*. 2020;15(4):513–516. doi: 10.26574/maedica.2020.15.4.513.
10. Papadopoulos C, Mimidis K, Papazoglou D, Kolios G, Tentes I, Anagnostopoulos K. Red Blood Cell-Conditioned Media from Non-Alcoholic Fatty Liver Disease Patients Contain Increased MCP1 and Induce TNF- α Release. *Rep Biochem Mol Biol*. 2022;11(1):54–62. doi: 10.52547/rbmb.11.1.54.
11. Рекомендации экспертов ВНОК по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2009; 6(2).
12. Khang A.R., Lee H.W., Yi D.W. et al. The fatty liver index, a simple and useful predictor of metabolic syndrome: analysis of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2010–2011. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019; 12: 181–190 <https://doi.org/10.2147/DMSO.S189544>
13. Ивашкин В.Т., Маевская М.В., Павлов Ч.С., Тихонов И.Н., Широкова Е.Н., Буеверов А.О., Драпкина О.М., Шульпекова Ю.О., Цуканов В.В., Маммаев С.Н., Маев И.В., Пальгова Л.К. Клинические рекомендации по диагностике и лечению неалкогольной жировой болезни печени Российского общества по изучению печени и Российской гастроэнтерологической ассоциации. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2016; 26(2): 24–42. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2016-26-2-24-42>.
14. Генералов В.М., Кручинина М.В., Дурыманов А.Г., Медведев А.А., Сафатов А.С., Сергеев А.Н., Буряк Г.А., Курилович С.А., Громов А.А. Диэлектрофорез в диагностике инфекционных и неинфекционных заболеваний. Новосибирск: «ЦЭРИС»; 2011. — 172 с.
15. Dai X, Zhou G, Xu L. Associations between red blood cell count and metabolic dysfunction-associated fatty liver disease (MAFLD). *PLoS One*. 2022;17(12):e0279274. doi: 10.1371/journal.pone.0279274.
16. Zhong F, Guan L, Lin H, Zhao M, Qin Y, Li Q, Yuan Z, Yang G, Gao L., Zhao J (2021) Red Blood Cell Count: An Unrecognized Risk Factor for Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Front. Endocrinol*. 12:760981. doi: 10.3389/fendo.2021.760981
17. Sakurai Y, Kubota N, Yamauchi T, Kadowaki T. Role of Insulin Resistance in MAFLD. *Int J Mol Sci*. 2021;22(8). doi: 10.3390/ijms22084156.

18. Barbieri M, Ragno E, Benvenuti E, Zito GA, Corsi A, Ferrucci L, et al. New aspects of the insulin resistance syndrome: impact on haematological parameters. *Diabetologia*. 2001;44(10):1232–7. doi: 10.1007/s001250100634.
19. Gyawali P, Richards RS, Hughes DL, Tinley P. Erythrocyte aggregation and metabolic syndrome. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2014;57(1):73–83. doi: 10.3233/CH-131792.
20. Tsai HC, Han MH. Sphingosine-1-Phosphate (S1P) and S1P Signaling Pathway: Therapeutic Targets in Autoimmunity and Inflammation. *Drugs*. 2016;76(11):1067–79. doi: 10.1007/s40265-016-0603-2.
21. Chen J, Chen J, Fu H, Li Y, Wang L, Luo S, et al. Hypoxia exacerbates nonalcoholic fatty liver disease via the HIF-2 α /PPAR α pathway. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2019;317(4):E710–e22. doi: 10.1152/ajpendo.00052.2019.
22. Chen W, Lu H, Yang J, Xiang H, Peng H. Sphingosine 1-phosphate in metabolic syndrome (Review). *International journal of molecular medicine*. 2016;38(4):1030–8. doi: 10.3892/ijmm.2016.2731.
23. Fayyaz S, Henkel J, Japtok L, Krämer S, Damm G, Seehofer D, et al. Involvement of sphingosine 1-phosphate in palmitate-induced insulin resistance of hepatocytes via the S1P2 receptor subtype. *Diabetologia*. 2014;57(2):373–82. doi: 10.1007/s00125-013-3123-6.
24. Tong X, Peng H, Liu D, Ji L, Niu C, Ren J, et al. High-density lipoprotein of patients with type 2 diabetes mellitus upregulates cyclooxygenase-2 expression and prostacyclin I-2 release in endothelial cells: relationship with HDL-associated sphingosine-1-phosphate. *Cardiovascular diabetology*. 2013;12:27. doi: 10.1186/1475-2840-12-27
25. Notarnicola M, Caruso MG, Tutino V, Bonfiglio C, Cozzolongo R, Giannuzzi V, et al. Significant decrease of saturation index in erythrocytes membrane from subjects with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). *Lipids in health and disease*. 2017;16(1):160. doi: 10.1186/s12944-017-0552-0.
26. Bigornia SJ, Lichtenstein AH, Harris WS, Tucker KL. Associations of erythrocyte fatty acid patterns with insulin resistance. *The American journal of clinical nutrition*. 2016;103(3):902–9. doi: 10.3945/ajcn.115.123604.
27. Cimbiljević B., Vasilijević A., Cimbiljević S., et al. Interrelationship of antioxidative status, lipid peroxidation, and lipid profile in insulin-dependent and non-insulin-dependent diabetic patients. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2007;85(10):997–1003. doi: 10.1139/Y07-088.
28. Radosinska J., Vrbjar N. The Role of Red Blood Cell Deformability and Na, K-ATPase Function in Selected Risk Factors of Cardiovascular Diseases in Humans: Focus on Hypertension, Diabetes Mellitus and Hypercholesterolemia. *Physiological Research*. 2016;65 Suppl 1(Supplement 1): S43–S54. doi: 10.33549/physiolres.933402.
29. Wang Y, Yang P, Yan Z, Liu Z, Ma Q, Zhang Z, Wang Y, Su Y. The Relationship between Erythrocytes and Diabetes Mellitus. *J Diabetes Res*. 2021;6656062. doi: 10.1155/2021/6656062.
30. Lee SY, Park HJ, Best-Popescu C, Jang S, Park YK. The Effects of Ethanol on the Morphological and Biochemical Properties of Individual Human Red Blood Cells. *PLoS One*. 2015;10(12):e0145327. doi: 10.1371/journal.pone.0145327.
31. Vent-Schmidt J, Waltz X, Romana M, Hardy-Dessources M-D, Lemonne N, Billaud M, et al. Blood thixotropy in patients with sickle cell anaemia: role of haematocrit and red blood cell rheological properties. *PLoS One*. 2014;9(12):e114412. doi: 10.1371/journal.pone.0114412.
32. Mohandas N, Chasis J, editors. Red blood cell deformability, membrane material properties and shape: regulation by transmembrane, skeletal and cytosolic proteins and lipids. *Seminars in hematology*; 1993.
33. Chien S. Red cell deformability and its relevance to blood flow. *Annual review of physiology*. 1987;49(1):177–92.
34. Loyola-Leyva A., Loyola-Rodríguez J.P., Atzori M., González F.J. Morphological changes in erythrocytes of people with type 2 diabetes mellitus evaluated with atomic force microscopy: A brief review. *Micron*. 2018;105:11–17. doi: 10.1016/j.micron.2017.11.001.
35. Sailaja Y.R., Baskar R., Srinivas Rao C.S., Saralakumari D. Membrane lipids and protein-bound carbohydrates status during the maturation of reticulocytes to erythrocytes in type 2 diabetics. *Clinica Chimica Acta*. 2004;341(1–2):185–192. doi: 10.1016/j.cccn.2003.12.003.
36. Bianchetti G., Viti L., Scupola A., et al. Erythrocyte membrane fluidity as a marker of diabetic retinopathy in type 1 diabetes mellitus. *European Journal of Clinical Investigation*. 2020;e13455 doi: 10.1111/eci.13455.
37. Babu N. Influence of hypercholesterolemia on deformability and shape parameters of erythrocytes in hyperglycemic subjects. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2009;41(3):169–177. doi: 10.3233/CH-2009-1165.
38. Shin S., Ku Y., Babu N., Singh M. Erythrocyte deformability and its variation in diabetes mellitus. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2007;45(1):121–128.
39. Weykamp C. HbA1c: a review of analytical and clinical aspects. *Annals of Laboratory Medicine*. 2013;33(6):393–400. doi: 10.3343/alm.2013.33.6.393.
40. Bakhtiar N., Hosseinkhani S., Larijani B., Mohajeri-Tehrani M.R., Fallah A. Red blood cell ATP/ADP & nitric oxide: The best vasodilators in diabetic patients. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2012;11(1) doi: 10.1186/2251-6581-11-9.
41. Contreras-Zentella M.L., Sánchez-Sevilla L., Suárez-Cuenca J.A., et al. The role of oxidant stress and gender in the erythrocyte arginine metabolism and ammonia management in patients with type 2 diabetes. *PLoS One*. 2019;14(7):p. e0219481. doi: 10.1371/journal.pone.0219481.
42. Beaugé F, Niel E, Hispard E, Perrotin R, Thepot V, Boynard M, Nalpas B. Red blood cell deformability and alcohol dependence in humans. *Alcohol Alcohol*. 1994; 29:59–63.
43. Lindi C, Montorfano G, Marciani P. Rat erythrocyte susceptibility to lipid peroxidation after chronic ethanol intake. *Alcohol*. 1998;16(4):311–6. doi: 10.1016/s0741-8329(98)00020-2.
44. Pozos, R.S., Oakes, S.G. (1987). The Effects of Ethanol on the Electrophysiology of Calcium Channels. In: Galanter, M. (eds) Recent Developments in Alcoholism. Recent Developments in Alcoholism, vol 5. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1684-6_13
45. Maturu P, Vaddi DR, Pannuru P, Nallanchakravarthula V. Alterations in erythrocyte membrane fluidity and Na⁺/K⁺ -ATPase activity in chronic alcoholics. *Mol Cell Biochem*. 2010;339(1-2):35–42. doi: 10.1007/s11010-009-0367-z.
46. Sonmez M, Ince HY, Yalcin O, Ajdžanović V, Spasojević I, Meiselman HJ, Baskurt OK. The effect of alcohols on red blood cell mechanical properties and membrane fluidity depends on their molecular size. *PLoS One*. 2013;8(9):e76579. doi: 10.1371/journal.pone.0076579.

47. Welbourn EM, Wilson MT, Yusof A, Metodiev MV, Cooper CE. The mechanism of formation, structure and physiological relevance of covalent hemoglobin attachment to the erythrocyte membrane. *Free Radic Biol Med*. 2017;103:95–106. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.12.024.
48. Gwoździński L, Krawczyk P, Dworniak D, Kowalczyk E, Błaszczyk J. Alterations in the erythrocyte plasma membranes in patients with alcohol-induced liver cirrhosis — preliminary results. *Arch Med Sci*. 2011;7(1):87–91. doi: 10.5114/aoms.2011.20609.
49. Venerando B, Fiorilli A., Croci G., et al. Acidic and neutral sialidase in the erythrocyte membrane of type 2 diabetic patients. *Blood*. 2002;99(3):1064–1070. doi: 10.1182/blood.V99.3.1064.
50. Contreras-Zentella M.L., Sánchez-Sevilla L., Suárez-Cuenca J.A., et al. The role of oxidant stress and gender in the erythrocyte arginine metabolism and ammonia management in patients with type 2 diabetes. *PLoS One*. 2019;14(7):p. e0219481. doi: 10.1371/journal.pone.0219481.
51. Maritim A.C., Sanders R.A., Watkins J.B. Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: A review. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*. 2003;17(1):24–38. doi: 10.1002/jbt.10058.
52. Pandey K.B., Rizvi S.I. Markers of oxidative stress in erythrocytes and plasma during aging in humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2010;3(1):2–12. doi: 10.4161/oxim.3.1.10476.
53. Bissinger R., Bhuyan A.A. M., Qadri S. M., Lang F. Oxidative stress, eryptosis and anemia: a pivotal mechanistic nexus in systemic diseases. *The FEBS Journal*. 2018;286(5):826–854. doi: 10.1111/febs.14606.
54. Pretorius E., du Plooy J.N., Bester J. A Comprehensive Review on Eryptosis. *Cellular Physiology and Biochemistry*. 2016;39(5):1977–2000. doi: 10.1159/000447895.
55. Maellaro E., Leoncini S., Moretti D., et al. Erythrocyte caspase-3 activation and oxidative imbalance in erythrocytes and in plasma of type 2 diabetic patients. *Acta Diabetologica*. 2013;50(4):489–495. doi: 10.1007/s00592-011-0274-0.
56. Mehdi MM, Singh P, Rizvi SI. Erythrocyte sialic acid content during aging in humans: correlation with markers of oxidative stress. *Dis Markers*. 2012;32(3):179–86. doi: 10.3233/DMA-2011-0871.
57. Kumar, D., Rizvi, S.I. Erythrocyte membrane bound and plasma sialic acid during aging. *Biologia* 68, 762–765 (2013). <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0207-1>
58. Petelska AD, Szeremeta M, Kotyńska J, Niemcunowicz-Janica A. Experimental and Theoretical Approaches to Describing Interactions in Natural Cell Membranes Occurring as a Result of Fatal Alcohol Poisoning. *Membranes (Basel)*. 2021;11(3):189. doi: 10.3390/membranes11030189.
59. Fernandes HP, Cesar CL, Barjas-Castro M de L. Electrical properties of the red blood cell membrane and immunohematological investigation. *Rev Bras Hematol Hemoter*. 2011;33(4):297–301. doi: 10.5581/1516-8484.20110080.
60. Arese P, Gallo V, Pantaleo A, Turrini F. Life and Death of Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase (G6PD) Deficient Erythrocytes — Role of Redox Stress and Band 3 Modifications. *Transfus Med Hemother*. 2012;39(5):328–34. doi: 10.1159/000343123.
61. Bulle S, Reddy VD, Padmavathi P, Maturu P, Puvvada PK, Nallanchakravarthula V. Association between alcohol-induced erythrocyte membrane alterations and hemolysis in chronic alcoholics. *J Clin Biochem Nutr*. 2017;60(1):63–69. doi: 10.3164/jcbn.16-16.
62. Шифман Ф.Дж. Патология физиология крови. — Пер с англ. Жибурта Е.Б., Токарева Ю.Н. СПб.: «Издательство БИНОМ» — «Невский диалог»; 2000. — 448 с.
63. Limdi JK, Hyde GM. Evaluation of abnormal liver function tests. *Postgrad Med J*. 2003; 79(932): 307–12. doi: 10.1136/pmj.79.932.307.

© Кручинина Маргарита Витальевна (kruchmargo@yandex.ru); Белковец Анна Владимировна (belkovets@gmx.de);
Паруликова Марина Владимировна (m_parulikova@mail.ru); Громов Андрей Александрович (gromov.center@rambler.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРБИДНОСТИ НА РАННИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

INFLUENCE OF POLYMORBIDITY ON THE EARLY OUTCOMES AFTER MITRAL VALVE REPLACEMENT

V. Perekopskaya

Summary. The article presents the results during the research, there was studied the effect of transnosological and transsyndromal polymorbidity on early postoperative results after mitral replacement. A number of diseases have been identified that significantly influenced postoperative results.

Keywords: mitral valve replacement, transnosological polymorbidity, transsyndromal polymorbidity, pulmonary hypertension.

Перекопская Вероника Сергеевна

Аспирант,

Омский государственный медицинский университет;
врач-кардиолог, кардиологическое отделение
регионального сосудистого центра
БУЗОО «Областная клиническая больница»
perekopskaya.vs@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования, в ходе которого изучено влияние транснозологической и транссиндромальной полиморбидности на ранние послеоперационные результаты после митрального протезирования. Выявлен ряд заболеваний, который значительно влиял на послеоперационные результаты.

Ключевые слова: протезирование митрального клапана, транснозологическая полиморбидность, транссиндромальная полиморбидность, легочная гипертензия.

Введение

Во всем мире наблюдают тенденцию к увеличению числа пожилых людей и уменьшению численности населения трудоспособного возраста. Популяция людей старше 65 лет растет на 2,5 % ежегодно. При этом доля пожилых людей в развитых странах достигает 21 % и более, в развивающихся — около 7,5 %. Согласно последним данным Федеральной службы государственной статистики, в России число людей старше 65 лет составляет 13,5 % [1, 2].

В связи со старением населения проблема полиморбидности с каждым годом приобретает всё большую актуальность. Полиморбидность — это наличие двух и (или) более хронических заболеваний, совпадающих по времени у одного пациента. Выделяют два основных типа полиморбидности: транссиндромальная — сосуществование у одного пациента двух и/или более синдромов, патогенетически взаимосвязанных между собой; и транснозологическая — сосуществование у одного пациента двух и/или более заболеваний, не связанных между собой патогенетически [3].

Рост продолжительности жизни населения ставит новые задачи перед медициной. В первую очередь это касается оказания специализированной хирургической помощи людям с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, так как именно эта категория составляет основную долю в структуре смертности населения. Пороки клапанов сердца и ишемическая болезнь сердца остаются наиболее распространенными заболеваниями сердца, поражая людей старшей возрастной группы [4, 5].

На сегодняшний день опубликовано несколько исследований о результатах коррекции клапанных пороков сердца у пожилых пациентов. В большинстве из них установлено, что на летальный исход оперативного лечения влияла такая транснозологическая полиморбидность, как хроническая обструктивная болезнь легких, хроническая болезнь почек (ХБП), ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет (СД) [4, 6, 7]. Но в данных исследованиях не изучали течение послеоперационного периода и результаты оперативного лечения у пациентов с двумя и более сопутствующими заболеваниями.

В результате многих исследований установлено, что при несвоевременно проведенной коррекции митральных пороков происходит необратимое ремоделирование сердца, развивается высокая легочная гипертензия (ЛГ), фибрилляция предсердий (ФП) приобретает постоянный характер [8, 9]. У пациентов с гемодинамически значимым митральным пороком высокая ЛГ и ФП являются транссиндромальной полиморбидностью. Учитывая развитие необратимого ремоделирования полостей сердца и необратимого склероза легочных артерий, стоит предположить, что высокая ЛГ и ФП также, как и транснозологическая полиморбидность, могут влиять на результаты оперативного лечения митральных пороков.

Цель исследования: оценить влияние транснозологической и транссиндромальной полиморбидности на ранние результаты у пациентов после протезирования митрального клапана.

Материал и методы

С 2010 по февраль 2020 года на базе кардиохирургического отделения «Областной клинической больницы» г. Омска проведено ретроспективное клиническое исследование. В исследовании участвовали 291 пациент, кому с целью коррекции митральных пороков имплантирован искусственный механический клапан.

В исследование включены все пациенты, перенесшие одноклапанное митральное протезирование механическими протезами за наблюдаемый период времени. Всем пациентам перед операцией и перед выпиской выполняли трансторакальную эхокардиографию с использованием аппаратов экспертного класса Vivid E9, GE Vivid Q «General Electric», (США). Операция выполнена по стандартной методике в условиях искусственного кровообращения, нормотермии.

Таблица 1.

Конечные исходы и точки исследования

Исходы
Летальный исход
ОНМК*
«0/--» динамика ФК ХСН*
Длительная ИВЛ*
Длительная инотропная поддержка
Смерть + длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка + ОНМК + «0/--» динамика ФК ХСН (КТ* 1)
Смерть + длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка + ОНМК (КТ 2)
Смерть + длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка (КТ 3)
Смерть + ОНМК (КТ 4)
Длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка + ОНМК несмертельное + «0/--» динамика ФК ХСН (КТ 5)
ОНМК несмертельное + «0/--» динамика ФК ХСН (КТ 6)
Длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка (КТ 7)

Здесь и далее * ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, «0/--» динамика ФК ХСН — отсутствие или отрицательная динамика функционального класса хронической сердечной недостаточности, ИВЛ — искусственная вентиляция легких, КТ — конечная точка

Для определения влияния полиморбидности на течение раннего послеоперационного периода (первые 30 дней после операции) были проанализированы летальность, частота развития острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), потребность в длительной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) (более 1 суток) и длительной инотропной поддержке (более 7 суток), выявлено прогрессирование хронической сердечной недостаточности (ХСН), которое проявлялось нулевой

или отрицательной динамикой функционального класса (ФК) сердечной недостаточности. Исходы и комбинированные конечные точки представлены в таблице 1.

Статистические методы

Для обработки информации использованы программы SPSS 13.0, Microsoft Excel 2010. Вид распределения вариационных рядов установлен при помощи критерия Шапиро-Уилка. Вид распределения отличался от нормального, в связи с чем анализ проведен с помощью непараметрических методов. Для описания количественных данных рассчитаны медиана (Me) и процентиля (P25, P75), для качественных данных — доли. Сравнение количественных данных двух независимых выборок осуществлено при помощи U-критерия Манна-Уитни. Для анализа различия частот в двух независимых группах использован критерий χ^2 с поправкой Йетса. Для выявления влияния полиморбидности на послеоперационные исходы рассчитано отношение шансов с определением чувствительности, специфичности. Статистическая значимость присвоена при значении $p < 0,05$.

Результаты

В исследовании участвовали 291 пациент, из них 170 человек были с транснозологической полиморбидностью («ТНПМ+»), остальные 121 человека не имели других патологий, кроме митрального порока («ТНПМ-»).

Возраст пациентов группы «ТНПМ+» был существенно больше, чем возраст пациентов группы «ТНПМ-». Среди пациентов группы «ТНПМ+» чаще встречались мужчины и пациенты с ФП. Клиническая характеристика всех пациентов представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Клиническая характеристика пациентов

Параметр	Группа «ТНПМ+» (n=170)	Группа «ТНПМ-» (n=121)	p
Возраст, лет, Me (P25, P75)	57 [50; 62]	47 [41; 55]	<0,001
Мужской пол, n (%)	88 (52 %)	50 (41 %)	0,079
Давность ухудшения, месяцев, Me (P25, P75)	8 [5; 12]	8 [4; 12]	0,993
Преобладание стеноза, n (%)	44 (26 %)	28 (23 %)	0,594
ФК* по NYHA, Me (P25, P75)	3 [3; 3]	3 [3; 3]	0,358
ФП, n(%)	93 (55 %)	48 (40 %)	0,012

Группа «ТНПМ+» — пациенты с транснозологической полиморбидностью, группа «ТНПМ-» — пациенты без транснозологической полиморбидности

* ФК — функциональный класс, ФП — фибрилляция предсердий

ГБ зафиксирована у большинства пациентов, ожирение различной степени — у каждого второго пациента, СД и атеросклероз коронарных артерий — у каждого третьего, ХБП — у каждого десятого пациента (таблица 3).

Таблица 3.

Характеристика заболеваний у пациентов группы «ТНПМ+» (n=170)

Заболевание	Всего, n (%)	Только с этим заболеванием, n (%)
ГБ	134 (46,0)	44 (15,1)
СД	54 (18,6)	4 (1,4)
АБС	65 (22,3)	7 (2,4)
Ожирение	80 (27,5)	13 (4,5)
ХБП	17 (5,8)	1 (0,3)
Любое одно	–	69 (23,7)

Далее все пациенты с транснозологической полиморбидностью были разделены на подгруппы в зависимости от сочетания наиболее встречающихся заболеваний. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Сочетания наиболее встречающихся сопутствующих заболеваний

Заболевания	Всего, n (%)	Только с этим сочетанием, n (%)
ГБ без СД и АБС	65 (22,3)	–
СД без ГБ и АБС	6 (2,1)	–
АБС без СД и ГБ	8 (2,7)	–
ГБ+СД без АБС	20 (6,9)	9 (3,1)
ГБ+АБС без СД	29 (10,0)	14 (4,8)
СД+АБС без ГБ	8 (2,7)	2 (0,7)
АГ+СД+АБС	20 (6,8)	4 (1,4)

Интраоперационная летальность зарегистрирована в обеих группах. В группе «ТНПМ+» умерли 4 человека (2,4 %), в группе «ТНПМ–» — 2 человека (1,7 %). Во всех случаях смерть была связана с тяжелой дооперационной сердечной недостаточностью, нарушений функции протеза не зарегистрировано.

В раннем послеоперационном периоде в группе «ТНПМ+» зафиксировано десять случаев летального исхода (6,0 %), в группе «ТНПМ–» — четыре случая (3,4 %) (p=0,455). Среди умерших пациентов были пациенты с критическим митральным стенозом и длительным стажем заболевания, с выраженной митральной недостаточностью на фоне острого инфекционного эндокардита и миксоматозной дегенерацией. Причинами летального исхода у данных пациентов стали необратимое ремоделирование полостей левого желудочка и тяжелая сердечная недостаточность. Во всех случаях смерть не была связана с нарушением функции протеза.

Далее проанализировано влияние транснозологической полиморбидности на частоту исходов и развития конечных точек исследования. Полученные данные представлены на рисунке 1.

Полученные данные указывают на то, что сочетание таких заболеваний, как ГБ, СД и АБС, ухудшает результаты митрального протезирования. Согласно рисунку 1 сочетание данных заболеваний в 5,8 раз увеличивало потребность в длительной инотропной поддержке, а также влияло на достижение всех комбинированных конечных точек.

На втором этапе исследования было проанализировано влияние транссиндромальной полиморбидности на результаты протезирования митрального клапана. Дооперационные эхокардиографические данные о давлении в правых отделах сердца были только у 262 пациентов, поэтому влияние транссиндромальной полиморбидности оценивали только у данной группы пациентов. Установлено, что 160 пациентов имели транссиндромальную полиморбидность (группа «ТСПМ+»), 102 человека не имели её (группа «ТСПМ–»).

Пациенты обеих групп существенно не различались по клиническим характеристикам. ФП зафиксирована у половины пациентов, высокая ЛГ — у каждого четвертого пациента (таблица 5).

Таблица 5.

Характеристика заболеваний у пациентов группы «ТСПМ+» (n=160)

Заболевание	Всего, n (%)	Только с этим заболеванием, n (%)
ФП*	136 (51,9)	102 (38,9)
Высокая ЛГ*	58 (22,1)	24 (9,2)
ФП + высокая ЛГ	34 (13,0)	–

* ФП — фибрилляция предсердий, высокая ЛГ — высокая легочная гипертензия

Интраоперационная летальность зарегистрирована в обеих группах. В группе «ТСПМ+» умерли 3 человека (1,9%), в группе «ТСПМ–» — 2 человека (2,0 %). Во всех случаях смерть была связана с тяжелой дооперационной сердечной недостаточностью, нарушений функции протеза не зарегистрировано.

В раннем послеоперационном периоде в группе «ТСПМ+» зафиксировано пятнадцать случаев летального исхода (9,4 %), в группе «ТСПМ–» — два случая (2,0 %) (p=0,018). Среди умерших пациентов были пациенты с критическим митральным стенозом и длительным стажем заболевания, с высокой ЛГ. Причинами летального исхода у данных пациентов стала тяжелая сердечная недостаточность. Во всех случаях смерть не была связана с нарушением функции протеза.

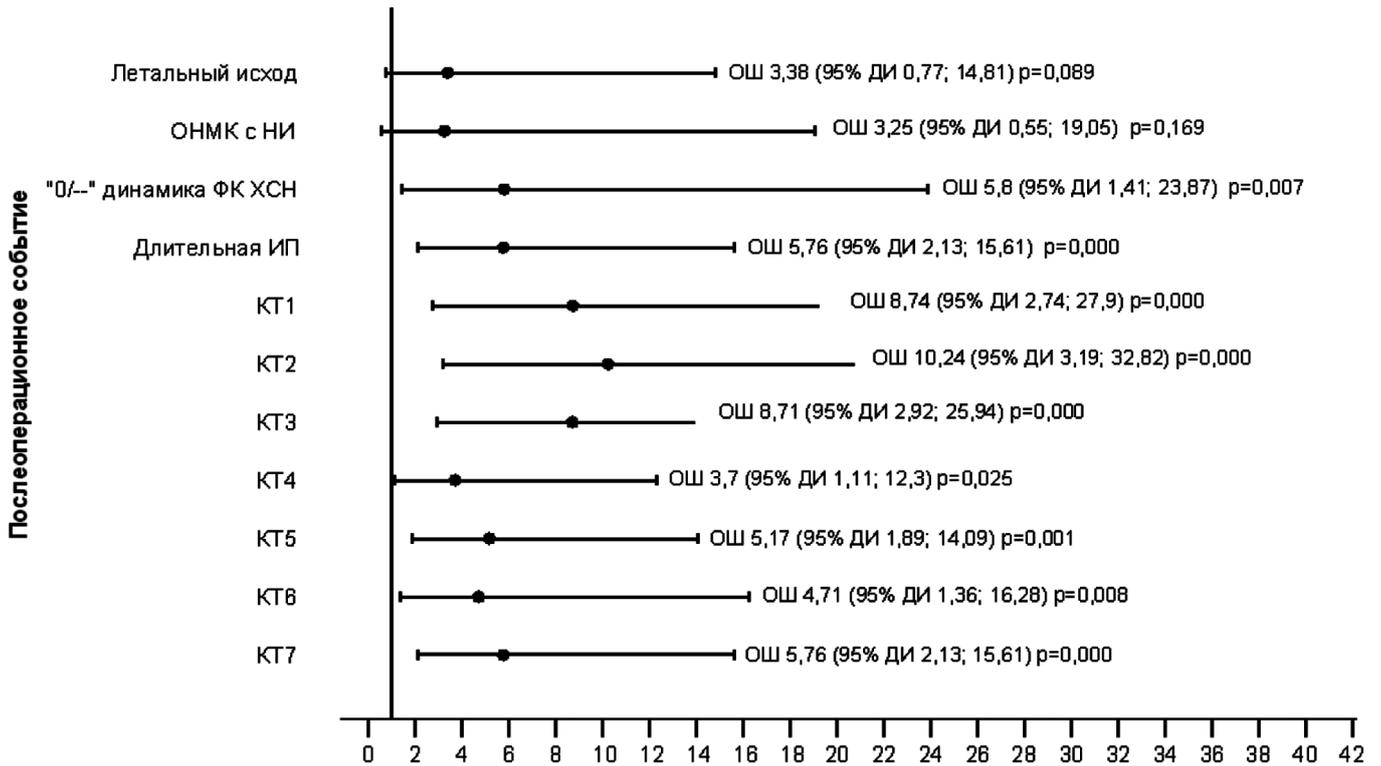


Рис. 1. Влияние ГБ, СД и АБС на послеоперационные исходы

Примечание: ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, «0/–» динамика ФК ХСН — отсутствие или отрицательная динамика функционального класса хронической сердечной недостаточности, ИП — инотропная поддержка, КТ — конечная точка, ОШ — отношение шансов

Влияние транссиндромальной полиморбидности на частоту исходов и достижения конечных точек исследования представлено на рисунках 2, 3.

Полученные результаты подтверждают более тяжелое течение раннего послеоперационного периода у пациентов с высокой ЛГ. На рисунке 2 видно, что высокая ЛГ в 10 раз увеличивала риск летального исхода, в 5,1 раз увеличивала риск достижения КТ4 (смерть + ОНМК) у пациентов после протезирования митрального клапана. Однако сочетание высокой ЛГ и ФП значительно ухудшает результаты митрального протезирования: у данной группы пациентов в 12,9 раз был выше риск летального исхода, в 2,6 раз — риск достижения КТ2 (смерть + длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка + ОНМК), в 2,9 раз — риск достижения КТ3 (смерть + длительная ИВЛ + длительная инотропная поддержка), в 5 раз — риск достижения КТ4.

Обсуждение результатов исследования

Интраоперационная летальность существенно не различалась в обеих группах и не зависела от наличия или отсутствия транснозологической и транссиндромальной полиморбидности. Показатели интраоперационной летальности соответствуют данным ранее проведенных исследований [4, 6, 7, 10].

При анализе раннего послеоперационного периода выявлено, что одно из таких заболеваний, как ГБ, СД и АБС, не влияет на результаты проведенной операции. Комбинация из двух заболеваний (ГБ + СД, ГБ + АБС, СД + АБС) также не влияет на течение и исходы раннего послеоперационного периода. Однако сочетание таких заболеваний, как ГБ, СД и АБС, достоверно повышали риск потребности в продленной инотропной поддержке в 5,8 раз, риск «0/–» динамики ФК ХСН — в 5,8 раз. Значимое влияние сочетание данных заболеваний оказывало на комбинированные конечные точки: повышали риск летального исхода в сочетании с потребностью в длительной ИВЛ и длительной инотропной поддержке, с ОНМК и с «0/–» динамикой ФК ХСН (КТ 1) в 8,7 раз; риск летального исхода в сочетании с потребностью в длительной ИВЛ и длительной инотропной поддержке, с ОНМК (КТ 2) — в 10,2 раз; риск летального исхода в сочетании с потребностью в длительной ИВЛ и длительной инотропной поддержке (КТ 3) — в 8,7 раз; риск летального исхода в сочетании с ОНМК (КТ 4) — в 3,7 раз; риск потребности в длительной ИВЛ и длительной инотропной поддержке в сочетании с ОНМК и с «0/–» динамикой ФК ХСН (КТ 5) — в 5,2 раз; риск ОНМК в сочетании с «0/–» динамикой ФК ХСН (КТ 6) — в 4,7 раз; риск потребности в длительной ИВЛ и длительной инотропной поддержке (КТ 7) — в 5,8 раз. Полученные данные указывают на то, что «обремененность» транснозологической полимор-

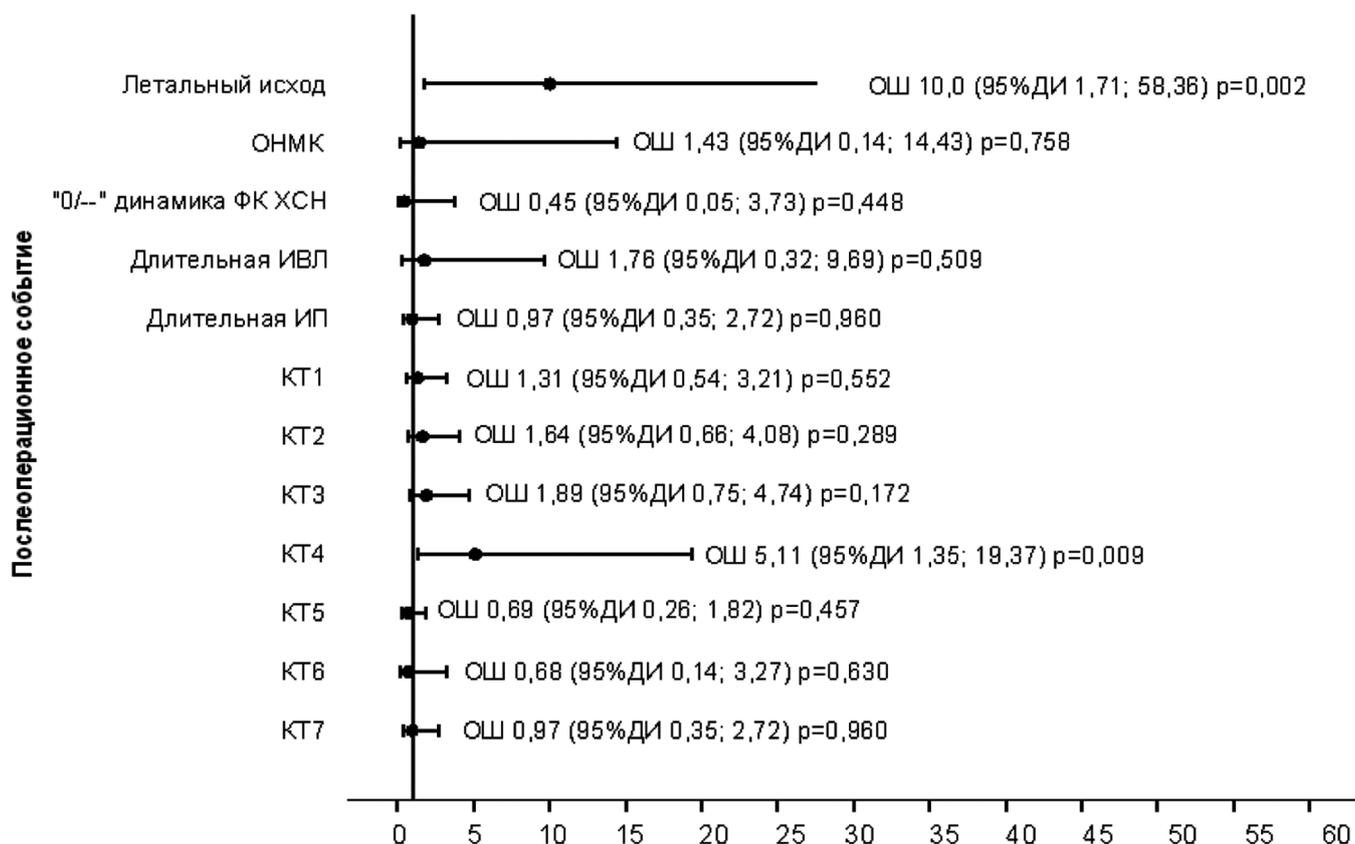


Рис. 2. Влияние высокой ЛГ на послеоперационные исходы

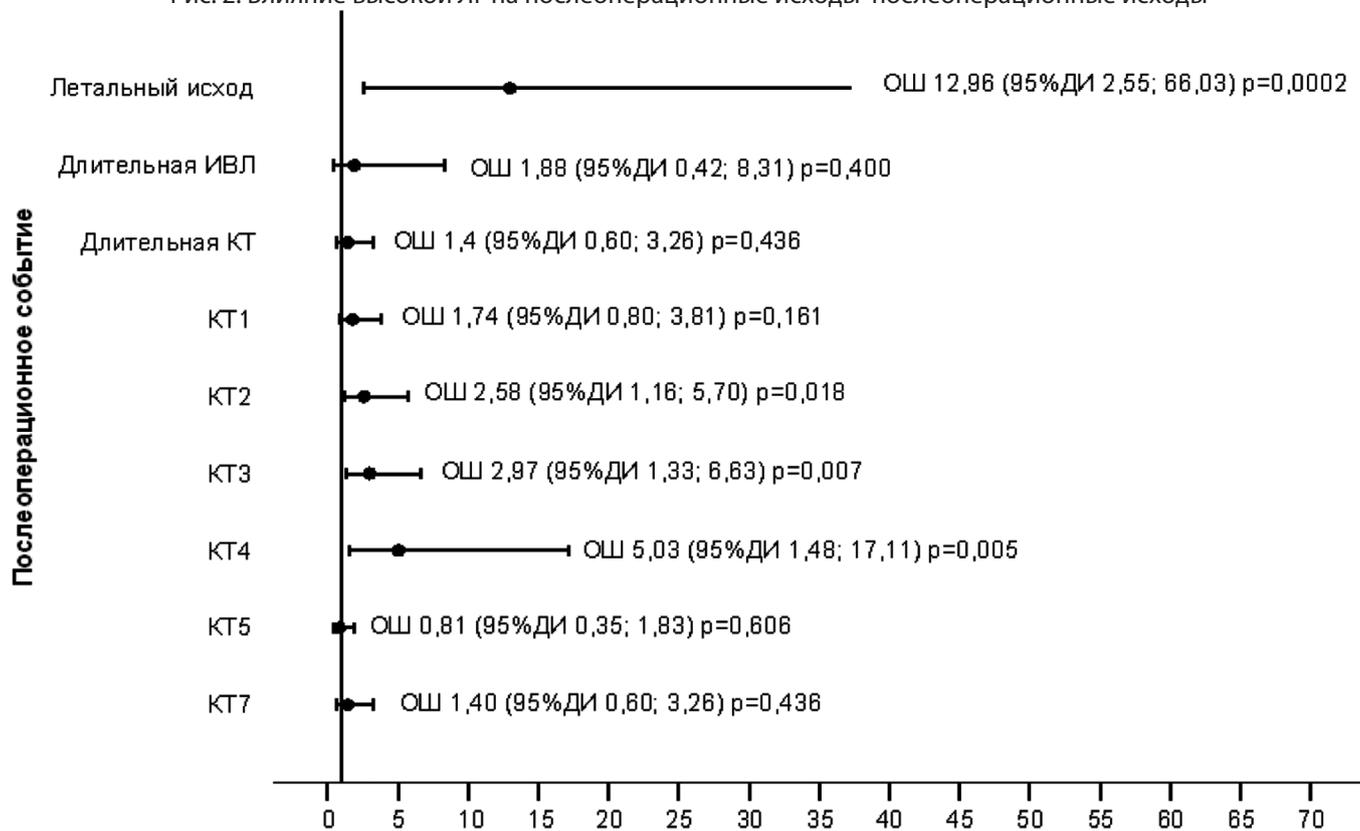


Рис. 3. Влияние сочетания высокой ЛГ и ФП

бидностью является фактором риска более тяжелого и неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода у пациентов после протезирования митрального клапана.

Ранняя послеоперационная летальность среди пациентов с транснозологической полиморбидностью составила 6,0 %, среди пациентов без полиморбидности — 3,4 % ($p=0,455$). Во всех случаях причина смерти не связана с нарушением функции протеза и «обремененностью» транснозологической полиморбидностью. Показатели госпитальной летальности соответствуют результатам ранее проведенных исследований [4, 6, 7, 10] и указывают на то, что транснозологическая полиморбидность не является фактором риска госпитальной летальности у пациентов после митрального протезирования.

При многолетнем стаже митрального порока развиваются необратимое ремоделирование полостей сердца, высокая ЛГ и нарушение ритма сердца по типу ФП. Если операция выполнена с опозданием, именно развитие необратимой высокой ЛГ может стать основным фактором, препятствующим улучшению состояния больного, так как после устранения порока склероз легочных артерий сохраняется. При продолжительном течении порока ФП принимает постоянную форму и вносит дополнительный вклад в прогрессирование легочной гипертензии.

В проведенном исследовании подтверждено, что высокая ЛГ является фактором риска летального исхода раннего послеоперационного периода у пациентов после митрального протезирования. Однако риски летального исхода и достижения комбинированных КТ увеличиваются при сочетании у пациентов высокой ЛГ и ФП. Так, у пациентов с высокой ЛГ риск летального исхода выше в 10 раз, а у пациентов с высокой ЛГ и ФП — выше в 12,9 раз, чем у пациентов без транссиндромальной полиморбидности. Таким образом, транссиндромальная полиморбидность в большей степени, чем транснозологическая полиморбидность, влияет на ранние исходы и достижение конечных точек после митрального протезирования.

Заключение

Транснозологическая полиморбидность не влияет на интра- и раннюю послеоперационную летальность. Однако сочетание таких заболеваний, как ГБ, СД и АБС, до 10 раз повышает риск неблагоприятного исхода митрального протезирования. Транссиндромальная полиморбидность является фактором риска летального исхода в раннем послеоперационном периоде и в большей мере, чем транснозологическая полиморбидность, влияет на достижение конечных точек после митрального протезирования. Таким образом, своевременная коррекция митральных пороков позволит снизить риски неблагоприятных исходов у пациентов после протезирования митрального клапана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова, Г.А. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2019 году. Статистические материалы. Часть IV / Г.А. Александрова [и др.] — М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения РФ; ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения РФ. — 2020. — 160 с.
2. Рабочая группа по ведению пациентов с клапанной болезнью сердца европейского общества кардиологов (ЕОК, ESC) и европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (EACTS) рекомендации ESC/EACTS 2017 по лечению клапанной болезни сердца. Российский кардиологический журнал. 2018; (7): 103–155.
3. Драпкина, О.М. Коморбидность, мультиморбидность, двойной диагноз — синонимы или разные понятия? / О.М. Драпкина, А.М. Шутов, Е.В. Ефремова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2019. — Т. 18, № 2. — С. 65–69.
4. Байдеуов, А.Н. Хирургическое лечение пороков клапанов сердца в сочетании с ишемической болезнью сердца у пациентов старше 70 лет: предоперационные и операционные факторы риска / А.Н. Байдеуов, И.И. Скопин, А.М. Отаров // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2021. — Т. 63, № 2. — С. 119–126.
5. Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У. Болезни митрального клапана. Функция, диагностика, лечение. М.: ГЭОТАР — Медиа; 2015. 352 с.
6. Барбараш, О.Л. Влияние коморбидной патологии и возраста на госпитальные исходы пациентов, подвергшихся коронарному шунтированию / О.Л. Барбараш, И.И. Жидкова, И.А. Шибанова, С.В. Иванов [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2019. — Т.18, № 2. — С. 58–64.
7. Гайфулин, Р.А. Стратификация предоперационного риска у больных пожилого возраста в кардиохирургической клинике / Р.А. Гайфулин, С.В. Иванов, Е.Н. Гайфулина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2020. — Т. 19, № 2. — С. 97–103.
8. Кузьмина О.К., Рутковская Н.В. Ремоделирование миокарда при поражениях клапанов сердца. Сибирское медицинское обозрение. 2017; 104 (2): 5–14.
9. Морова Н.А., Цеханович В.Н. Ремоделирование сердца. М.: Русь; 2013. 176 с.
10. Huisman, M.G. Delivering tailored surgery to older cancer patients: preoperative geriatric assessment domains and screening tools—a systematic review of systematic reviews / M.G. Huisman, M. Kok, G.H. de Bock [et al.] // Eur J Surg Oncol. — 2017. — Vol. 43, № 1. — P. 1–14.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗИСОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТРУЗИОННЫМИ ВАРИАНТАМИ ЗУБНЫХ ДУГ

THE RESULTS OF THE STUDY OF THE PARAMETERS OF THE BASES OF THE UPPER JAW IN PEOPLE WITH VARIOUS INTRUSIVE VARIANTS OF DENTAL ARCHES

**V. Popov
M. Rozhkova
S. Pavlova
A. Shtorina
S. Fischev
A. Sevastyanov
M. Puzdyreva
A. Kondratyuk**

Summary. The study shows the features of the apical and occlusal bases of the masticatory teeth of the upper jaw, depending on the intrusive type of dental arches in people with physiological occlusal norm. It was noted that in the protrusion type of dental arches, the value of the apical base of the upper jaw prevailed over the width of the dental arch in the premolar region, while in the retrostion type, the value of the apical base of the upper jaw was significantly less than the transversal dimensions of the dental arches.

Keywords: orthodontics, orthopedics, malocclusion, cross occlusion, intrusive variants of dental arches.

Попов Владимир Петрович

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
vpopov5@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
nastiya78@mail.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Кондратюк Андрей Александрович

К.м.н., ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Аннотация. В исследовании показаны особенности апикального и окклюзионного базисов жевательных зубов верхней челюсти в зависимости от трузсионного типа зубных дуг у людей с физиологической окклюзионной нормой. Отмечено, что при протрузионном типе зубных дуг величина апикального базиса верхней челюсти преобладала над шириной зубной дуги в области премоляров, в то время как при ретрузионном типе величина апикального базиса верхней челюсти была достоверно меньше трансверсальных размеров зубных дуг.

Ключевые слова: ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, перекрестная окклюзия, трузсионные варианты зубных дуг.

По мнению специалистов, трудность на этапе диагностики и ортодонтическом лечении пациентов с трансверсальными аномалиями зубных дуг связана с недостаточностью сведений о топографических особенностях расположения антимеров в зубной дуге, особенностями апикальных базисов челюстей, окклюзионной плоскости и кривой Spee. Также, на протяжении многих лет идут споры, касающиеся методов диагностики и лечения перекрестной окклюзии, а также — пути достижения стабильной ретенции достигнутых результатов лечения [1, 2, 3, 4].

Труды многих клиницистов имеют целью найти оптимальное соотношение зубных дуг при перекрестной окклюзии, обеспечивающее стабильный ретенционный результат, физиологический и функциональный оптимум и максимальную реабилитацию пациента [5, 6, 7, 8].

Нерешенными остаются вопросы, касающиеся выбора оптимальных методов диагностики, позволяющих определить дальнейший наиболее оптимальный путь ортодонтического лечения, которое, в конечном итоге, приведет к нормализации трансверсальных значений зубных дуг с учетом индивидуальных особенностей краниофациального комплекса. Нет однозначного ответа и на вопросы о различных вариантах физиологической нормы строения жевательного аппарата в боковых отделах, связанной с индивидуальностью морфологического строения дентальных дуг, их наклона относительно краниофациального отдела в трансверсальной плоскости [9, 10].

Таким образом, настоящее исследование является актуальным, а все изложенное выше предопределило цель работы.

Цель исследования

Совершенствовать методы диагностики и лечения аномалий окклюзии в трансверсальной плоскости, учи-

тывая индивидуальные особенности челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено у 79 человек с физиологической окклюзионной нормой. При этом у 31 пациента был мезотрузионный тип зубных дуг, а протрузионный и ретрузионный тип определялся у 26 и 22 человек, соответственно. Фрагменты зубочелюстных сегментов компьютерных томограмм позволяли оценить линейные размеры апикальных и окклюзионных базисов верхней челюсти при различных трузсионных вариантах зубных дуг. Полученные данные легли в основу разработки алгоритма обследования пациентов с зубо-альвеолярными формами трансверсальных аномалий окклюзии.

Результаты исследования

У людей с протрузионным типом зубных дуг межрезцовые взаимоотношения образовывали угол менее 130 градусов и в среднем по группе составляли $116,7 \pm 5,21$ градусов (рис. 1).

Окклюзионная трансверсальная плоскость была параллельна орбитальной трансверсальной горизонтали и касалась передних верхних зубов симметрично с правой и левой стороны.

Расстояние от субспинальной точки «А» до окклюзионной плоскости, как правило, соответствовало расстоянию от окклюзионной плоскости до супраментальной точки «В».

Передние верхние зубы и вторые моляры касались трансверсальной окклюзионной плоскости, при этом верхние премоляры и первые моляры располагались ниже сагиттальной окклюзионной плоскости в среднем на 1,5–2 мм, что соответствовало оптимальной физиологической норме.

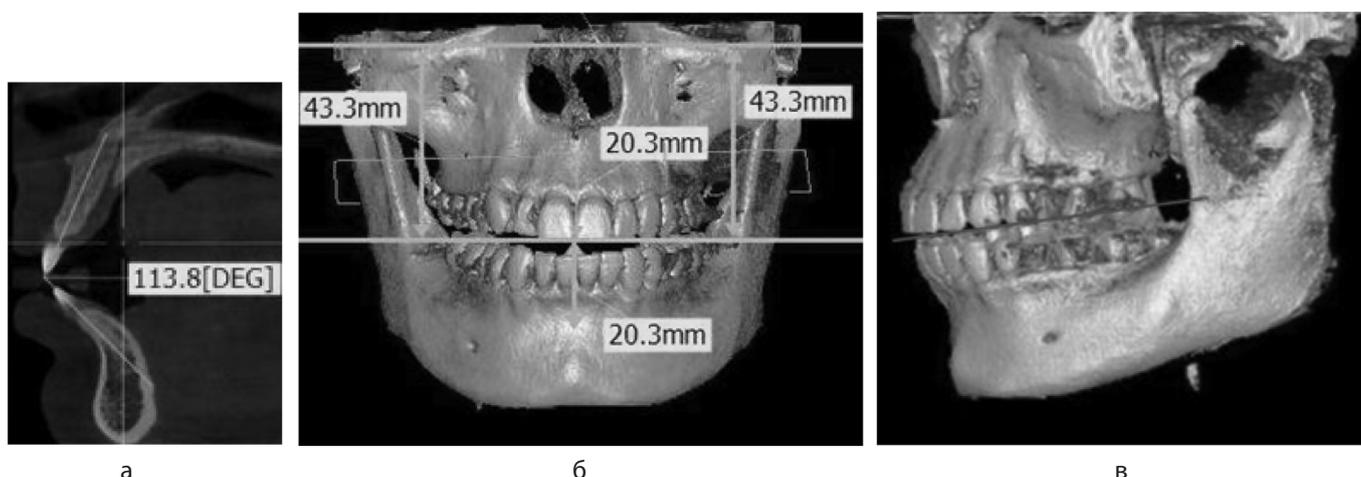


Рис. 1. Особенности расположения передних зубов (а), окклюзионной трансверсальной (б) и окклюзионной сагиттальной (в) плоскости у пациентов с протрузионным типом зубных дуг

У людей с мезотрузионным типом зубных дуг межрезцовые взаимоотношения образовывали угол от 130 до 140 градусов и в среднем по группе составляли $135,77 \pm 4,08$ градусов (рис. 2).

Расположение зубов относительно окклюзионной трансверсальной и сагиттальной плоскостей, так же как и при протрузионном типе зубных дуг, соответствовали физиологической норме. Передние верхние зубы и вторые моляры касались трансверсальной окклюзионной плоскости, при этом верхние премоляры и первые моляры располагались ниже сагиттальной окклюзионной плоскости в среднем на 1,5–2 мм.

Расстояние от субспинальной точки «А» до окклюзионной плоскости, как правило, соответствовало расстоянию от окклюзионной плоскости до супраментальной точки «В».

У людей с ретрузионным типом зубных дуг межрезцовые взаимоотношения образовывали угол более 140 градусов и в среднем по группе составляли $149,87 \pm 6,93$ градусов (рис. 3).

Так же как и у людей с другими типами зубных дуг отмечалось правильное расположение зубов относительно окклюзионной трансверсальной и сагиттальной плоскости.

Расстояние от субспинальной точки «А» до окклюзионной плоскости, как правило, соответствовало расстоянию от окклюзионной плоскости до супраментальной точки «В».

У людей с различными трузсионными вариантами зубных дуг оценивали линейные и угловые параметры. Особое внимание уделялось размерам апикального базиса, трансверсальным размерам зубных дуг и торковым значениям жевательных зубов.

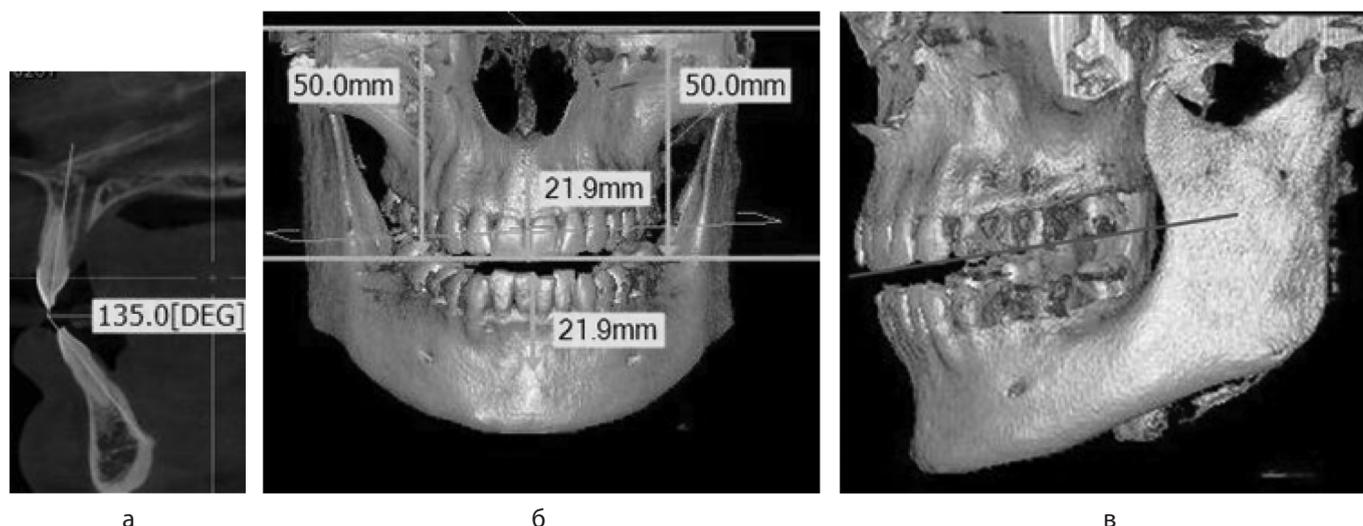


Рис. 2. Особенности расположения передних зубов (а), окклюзионной трансверсальной (б) и окклюзионной сагиттальной (в) плоскости у пациентов с мезотрузионным типом зубных дуг

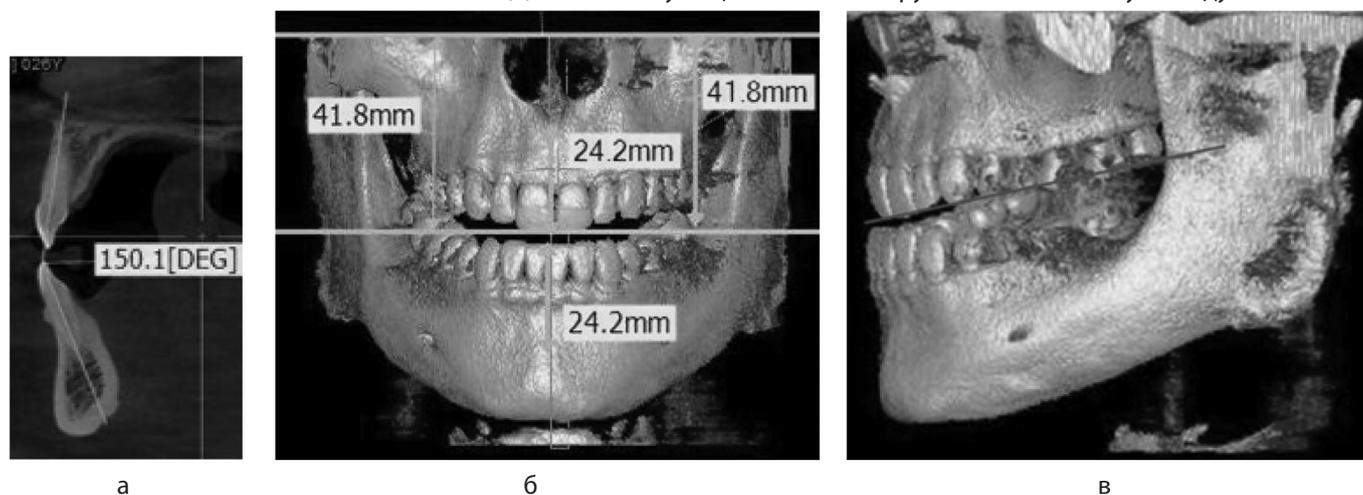


Рис. 3. Особенности расположения передних зубов (а), окклюзионной трансверсальной (б) и окклюзионной сагиттальной (в) плоскости у пациентов с ретрузионным типом зубных дуг

Линейные размеры апикального и окклюзионного базисов верхней челюсти у людей с различными трузионными вариантами зубных дуг представлены в таблице 1.

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показал, что размеры базисов, как апикальных, так и окклюзионных, у людей с различными вариантами зубных дуг не имели достоверных различий.

Данное обстоятельство объясняется тем, что в каждом из представленных трузионных вариантов зубных дуг встречался норма-, макро- и микродонтизм.

Тем не менее, определялись особенности размеров апикальных базисов и трансверсальных размеров зубных дуг при различных трузионных вариантах зубных дуг в разных отделах расположения жевательных зубов.

Ширина апикального и окклюзионного базисов в области первых премоляров, представлена на рисунке 4.

Таблица 1.

Линейные размеры (в мм) апикального (АБ) и окклюзионного (ОБ) базисов верхней челюсти у людей с различными трузионными вариантами зубных дуг

Расположение АБ и ОБ между зубами	Линейные размеры (в мм) при типе зубных дуг:		
	протрузионном	мезотрузионном	ретрузионном
АБ между 14 и 24	42,51±2,03	38,82±1,43	40,41±2,14
ОБ между 14 и 24	40,32±1,99	39,21±1,67	45,09±2,32
АБ между 15 и 25	51,08±2,38	44,62±2,05	46,22±2,47
ОБ между 15 и 25	45,38±1,98	45,81±1,94	50,87±2,89
АБ между 16 и 26	58,73±2,43	55,11±2,54	57,27±3,05
ОБ между 16 и 26	53,34±3,09	54,02±2,47	58,63±3,26
АБ между 17 и 27	59,84±3,13	58,01±3,02	54,94±2,91
ОБ между 17 и 27	59,81±2,87	58,73±3,36	60,41±3,89

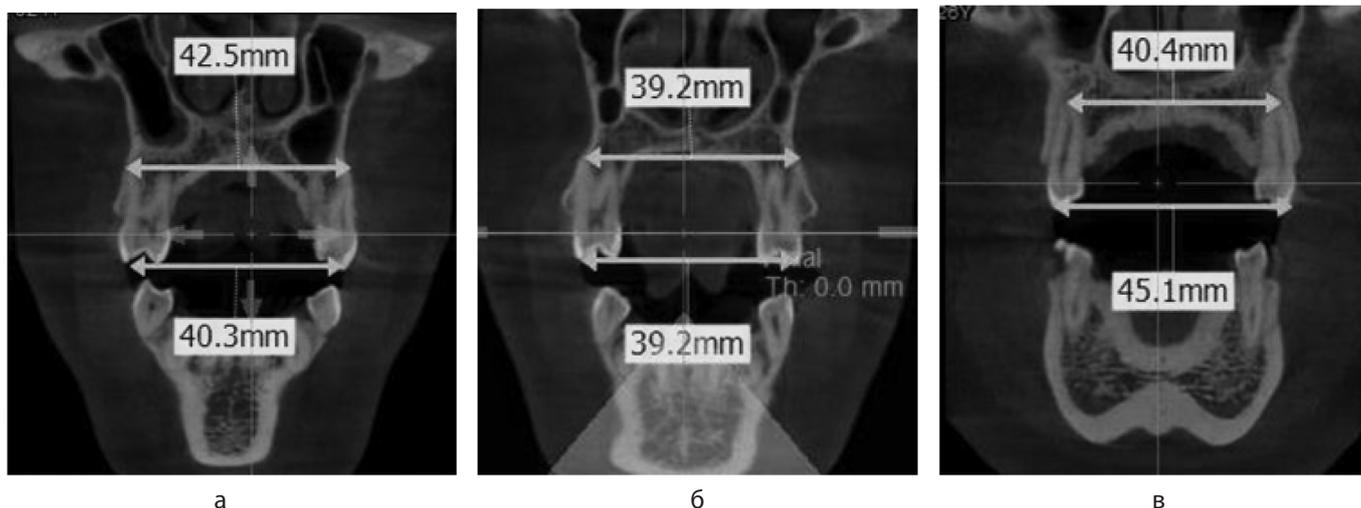


Рис. 4. Размеры апикального и окклюзионного базисов в области первых верхних премоляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

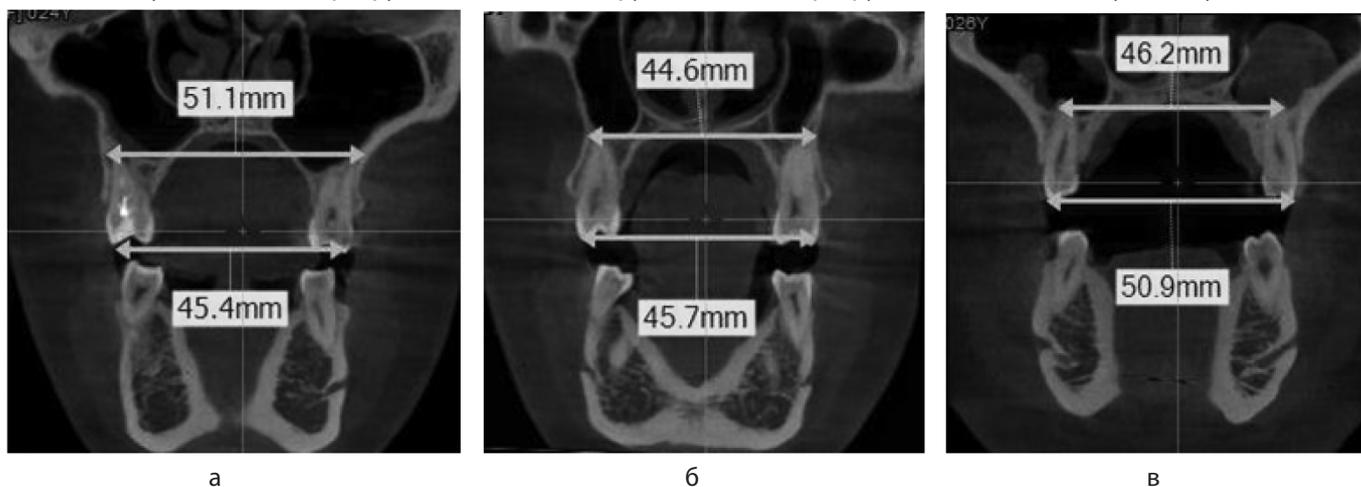


Рис. 5. Размеры апикального и окклюзионного базисов в области вторых верхних премоляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

Обращает на себя внимание тот факт, что у людей с протрузионным типом зубных дуг величина апикального базиса преобладала над размерами окклюзионного базиса ($42,51 \pm 2,03$ и $40,32 \pm 1,99$, $p > 0,05$).

В тоже время для ретрузионного типа зубных дуг была характерна противоположная картина и величина апикального базиса была достоверно меньше ширины зубной дуги между вторыми премолярами ($40,41 \pm 2,14$ и $45,09 \pm 2,32$, $p < 0,05$).

Мезотрузионный тип зубных дуг характеризовался соответствием размеров апикального базиса ширине зубной дуги между первыми премолярами ($38,82 \pm 1,43$ и $39,21 \pm 1,67$, $p > 0,05$).

Основные параметры апикального и окклюзионного базисов в области вторых премоляров, представлены на рисунке 5.

У людей с протрузионным типом зубных дуг величина апикального базиса в области вторых премоляров, также, как и у впереди стоящих зубов, преобладала над раз-

мерами окклюзионного базиса ($51,08 \pm 2,38$ и $45,38 \pm 1,98$, $p < 0,05$).

В тоже время для ретрузионного типа зубных дуг была характерна противоположная картина и величина апикального базиса была достоверно меньше ширины зубной дуги между вторыми премолярами ($46,22 \pm 2,47$ и $50,87 \pm 2,89$, $p < 0,05$).

Мезотрузионный тип зубных дуг характеризовался соответствием размеров апикального базиса ширине зубной дуги между вторыми премолярами ($44,62 \pm 2,05$ и $45,81 \pm 1,94$, $p > 0,05$).

Основные параметры апикального и окклюзионного базисов в области первых моляров, представлены на рисунке 6.

У людей с протрузионным вариантом зубных дуг величина апикального базиса в области первых моляров, также, как и у впереди стоящих зубов, преобладала над размерами окклюзионного базиса ($58,73 \pm 2,43$ и $53,34 \pm 3,09$, $p < 0,05$).

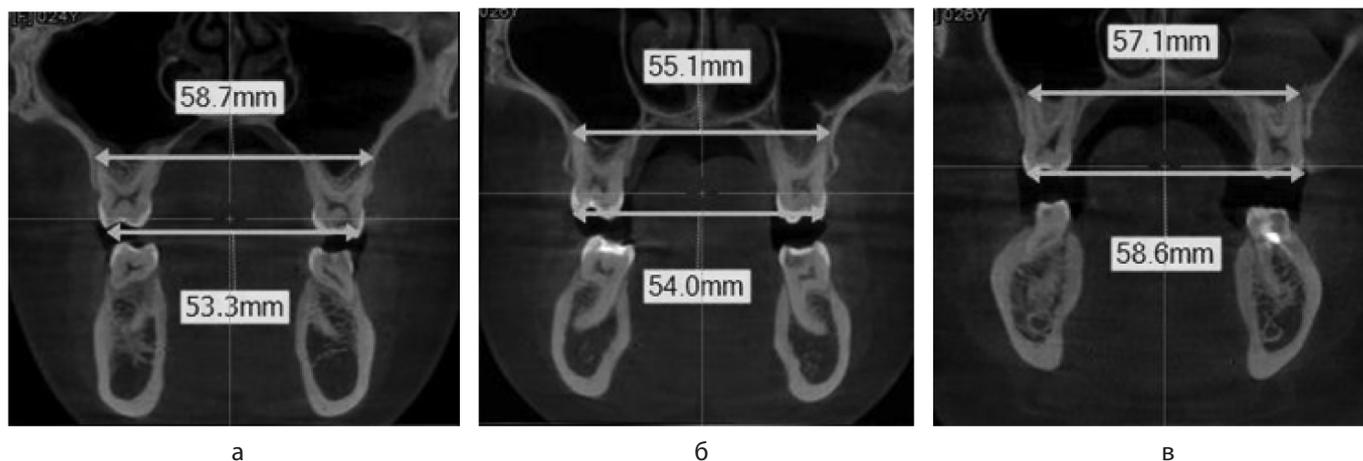


Рис. 6. Размеры апикального и окклюзионного базисов в области первых верхних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

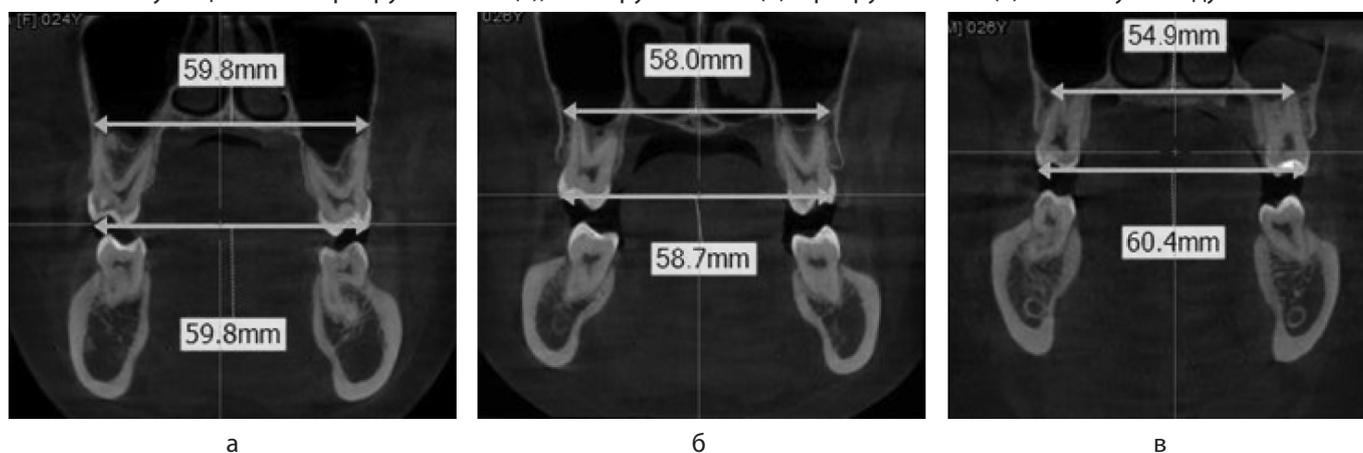


Рис. 7. Размеры апикального и окклюзионного базисов в области вторых верхних моляров у пациентов с протрузионным (а), мезотрузионным (б) и ретрузионным (в) типом зубных дуг

В тоже время для ретрузионного типа зубных дуг была характерна противоположная картина и величина апикального базиса была меньше ширины зубной дуги между первыми молярами ($57,27 \pm 3,05$ и $58,63 \pm 3,26$, $p > 0,05$).

Мезотрузионный тип зубных дуг характеризовался соответствием размеров апикального базиса ширине зубной дуги между первыми молярами ($55,11 \pm 2,54$ и $54,02 \pm 2,47$, $p > 0,05$).

Основные параметры апикального и окклюзионного базисов в области вторых моляров, представлены на рисунке 7.

У людей с протрузионным типом зубных дуг величина апикального базиса в области вторых моляров, была близка к размерам окклюзионного базиса ($59,84 \pm 3,13$ и $59,81 \pm 2,87$, $p > 0,05$).

Для ретрузионного типа зубных дуг была характерна противоположная картина и величина апикального базиса была достоверно меньше ширины зубной дуги между вторыми молярами ($54,94 \pm 2,91$ и $60,41 \pm 3,89$, $p < 0,05$).

Мезотрузионный тип зубных дуг характеризовался соответствием размеров апикального базиса ширине зубной дуги между вторыми молярами ($58,01 \pm 3,02$ и $58,73 \pm 3,36$, $p > 0,05$).

Таким образом, полученные данные характеризуют особенности зубных дуг различного трезионного типа. Различия в размерах между апикальным базисом и шириной зубной дуги, как правило, отражались на показателях наклона зубов в вестибулярно-язычном направлении относительно окклюзионной трансверсальной плоскости. Полученные данные легли в основу разработки алгоритма обследования пациентов с зубо-альвеолярными формами трансверсальных аномалий окклюзии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверсальном направлении. / М.А. Агашина, С.Б. Фищев, С.В. Дмитриенко, А.В. Лепилин, Д.Н. Балахничев // *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2017. — Т. XVI — № 1(60). С. 36–39.
2. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
3. Dmitrienko T.D., Domenyuk D.A., Porfyriadis M.P., Arutyunova A.G., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Connection between clinical and radiological torque of medial incisors at physiological occlusion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 29–37.
4. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv EuroMedica*. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
5. Fomin I.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Arutyunova A.S. Effect of jaw growth on dentofacial angle in analyzing lateral telerradiographic images // *Archiv EuroMedica*. 2019. vol. 9, num. 2. P. 136–137.
6. Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
7. Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V.8. — № 1. — P. 37–38.
8. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
9. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
10. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // *J. Dent. Res.* — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Попов Владимир Петрович (vpopov5@mail.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap_75@mail.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Кондратюк Андрей Александрович (kondratyuk.andrey@icloud.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАРУШЕНИЕ МИКРОБИОЦЕНОЗА ВЛАГАЛИЩА КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ИСТМИКО-ЦЕРВИКАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

VIOLETION OF VAGINAL MICROBIOCENOSIS AS A RISK FACTOR FOR THE DEVELOPMENT OF ISTHMIC- CERVICAL INSUFFICIENCY

**E. Pristupa
E. Baklygina**

Summary. The article is dedicated to retrospective analysis of the case histories of 104 patients diagnosed with isthmic-cervical insufficiency (ICI). The obstetric and gynecological histories, concomitant somatic pathology, as well as the features of the course of pregnancy were studied. In accordance with the identified causes of ICI, women were divided into groups. The state of the vaginal microbiocenosis was studied depending on the identified risk factors for the development of ICI. The most common violation of microbiocenosis in women with dysbiotic and inflammatory processes of the vagina were ureaplasmosis and bacterial vaginosis. Every fifth woman had associations of conditionally pathogenic microorganisms. A third of patients with inflammatory processes in the vagina and cervix during pregnancy did not undergo sufficient examination and sanitation.

Keywords: premature birth, isthmic-cervical insufficiency, cervix, microbiocenosis, bacterial vaginosis, manageable risk factors.

Введение

Одна из важнейших проблем современной медицины — преждевременные роды, являющиеся ведущей причиной перинатальной смертности [7].

Особенное внимание заслуживает срок беременности 22–28 недель, когда беременность прерывается в основном из-за истмико-цервикальной недостаточности [2,9].

Как известно, ИЦН характеризуется укорочением длины шейки матки менее 25 мм и/или дилатацией цервикального канала более 10 мм (на всём протяжении) ранее 37 недель беременности без клинической картины преждевременных родов [8]. При этом отсутствие жалоб и симптомов заболевания является фактором, ведущим к потере времени и задержке постановки диагноза, а, следовательно, к более позднему началу лечебных мероприятий [2].

Несмотря на то, что факторы риска ИЦН хорошо изучены и известны, оценка их тем более обязатель-

Приступа Евгения Михайловна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Рязанский Государственный Медицинский Университет
имени академика И.П. Павлова,
empristupa@mail.ru

Баклыгина Елена Андреевна
Ассистент, Рязанский Государственный Медицинский
Университет имени академика И.П. Павлова

Аннотация. В статье проведен ретроспективный анализ историй болезней 104 пациенток с диагнозом истмико-цервикальная недостаточность (ИЦН). Изучен акушерско-гинекологический анамнез, сопутствующая соматическая патология, особенности течения данной беременности. В соответствии с выявленными причинами ИЦН женщины были разделены на группы. Изучено состояние микробиоценоза влагалища в зависимости от выявленных факторов риска развития ИЦН. Наиболее часто встречающимся нарушением микробиоценоза у женщин с дисбиотическими и воспалительными процессами влагалища является уреаплазмоз и бактериальный вагиноз. У каждой пятой женщины выявлены ассоциации условно-патогенных микроорганизмов. У трети пациенток с воспалительными процессами во влагалище и шейке матки при беременности не проводилось достаточного обследования и санации.

Ключевые слова: преждевременные роды, истмико-цервикальная недостаточность, шейка матки, микробиоценоз, бактериальный вагиноз, управляемые факторы риска.

на у женщин, уже имевших потери беременности во II триместре [5,6]. При этом существуют управляемые причины, которые подлежат обязательной коррекции, начиная с прегравидарного этапа и ранних сроков наступившей беременности.

К факторам риска ИЦН относят:

1. Гормональные нарушения, такие как гиперандрогения, генитальный инфантилизм.
2. Анатомические факторы: врождённые пороки развития матки, приобретённые деформации шейки матки — после родов, аборт или диагностических выскабливаний; после оперативных вмешательств на шейке матки.
3. Особенности настоящей беременности (многоплодие, многоводие)
4. Генетические факторы (различные дисплазии соединительной ткани).
5. Особенности акушерско-гинекологического анамнеза (поздний самопроизвольный аборт в анамнезе, преждевременные роды, привычное невынашивание)

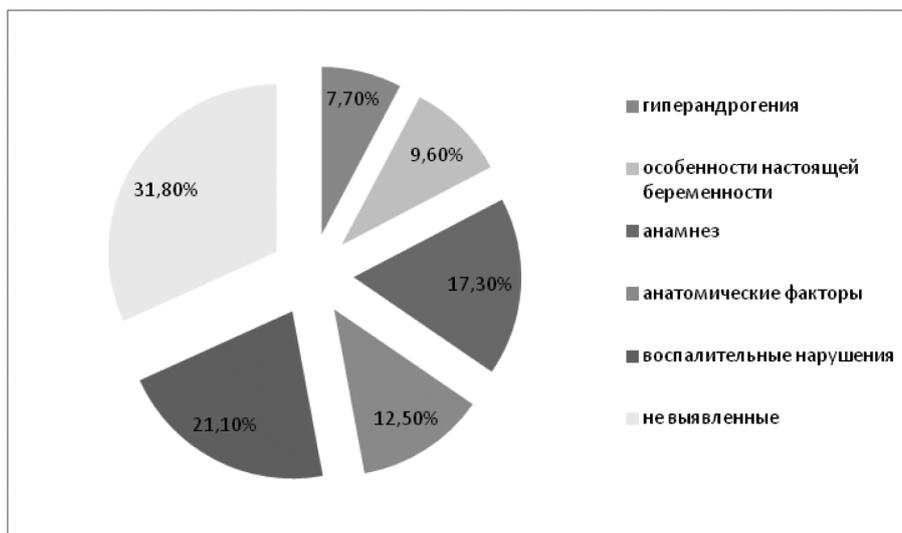


Рис. 1. Структура факторов риска истмико-цервикальной недостаточности

6. Инфекционно-воспалительные и дисбиотические состояния половых путей. Согласно данным литературы [3,10], около 80 % случаев укорочения шейки матки во время беременности связаны с инфекцией, что приводит к ухудшению защитных свойств цервикальной слизи и прогрессированию процесса.

Материалы и методы

Было пролечено 104 пациентки, находившиеся на стационарном лечении с диагнозом: Истмико-цервикальная недостаточность, требующая медицинской помощи матери (О34.3).

В соответствии с выявленными факторами риска (причинами) ИЦН женщины были разделены на группы (рис. 1):

- I группа — функциональные нарушения — 7,7 %
- II группа — многоплодие, ЭКО — 9,6 %
- III группа — анатомические факторы — 12,5 %
- IV группа — особенности анамнеза (привычное невынашивание) — 17,3 %
- V группа — дисбиотические и воспалительные нарушения — 21,1 %
- Не выявленные причины (недообследованные) — 31,8 %

Всем пациенткам выполнялись общеклинические лабораторные анализы, а также ультразвуковая диагностика с проведением цервикометрии. Оценка состояния шейки матки и степени выраженности ИЦН была произведена с помощью шкалы Bishop (рис. 2), по данным которой в коррекции нуждались женщины, имеющие 5 и более баллов. По ультразвуковым критериям длина шейки матки менее 25 мм требовала необходимости коррекции.

ШКАЛА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ ШЕЙКИ МАТКИ (BISHOP, 1964)

Признаки	Баллы		
	0	1	2
Положение	Кзади	Кпереди	По проводной оси
Длина	Более 2 см	1-2 см	Менее 1 см
Консистенция	Плотная	Размягчена, область внутреннего зева плотная	Мягкая
Проходимость цервикального канала	Наружный зев закрыт или пропускает кончик пальца	Канал проходим до внутреннего зева	Канал проходим для одного и более пальцев

Степень зрелости оценивается по сумме баллов: 0-2 балла - «незрелая» шейка, 3-4 балла - «недостаточно зрелая», 5-8 баллов - «зрелая» шейка матки.

Рис. 2. Оценка зрелости шейки матки

Изучение микробиоценоза влагалища обследованных женщин включало микроскопию нативного мазка с окрашиванием по Грамму, а также оценку результатов бактериологического исследования с изучением видового и количественного состава микроорганизмов.

Результаты и их обсуждение

Основную часть пациенток с данной патологией составили женщины в возрасте 30–34 лет (30,8 %), на втором месте пациентки в возрастной группе 25–29 лет (28,0 %), на третьем — 35–39 лет (23,3 %). Таким образом, более половины женщин с данной патологией старше 30 лет (рис. 3), а потери беременности в данных возрастных группах нежелательны также из-за увеличения возраста при последующей беременности ввиду нереализации репродуктивных планов.

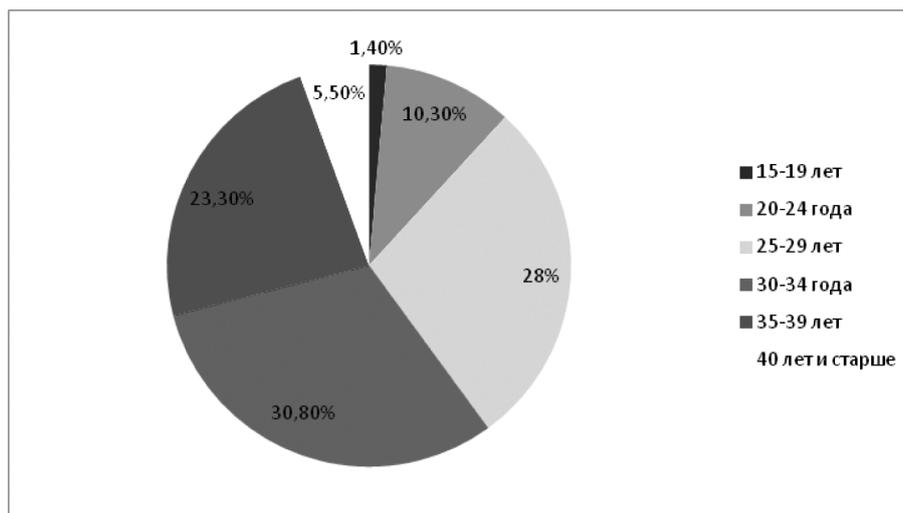


Рис. 3. Возрастная структура пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью

Более 3/4 женщин с ИЦН — повторнобеременные (77,4 %), в 6,1 % случаев беременность была многоплодной, в 12,3 % наблюдений — беременность наступила в результате ЭКО.

Среди пролеченных больных преобладали пациентки со сроком беременности 19–21 неделя (65,8 % случаев).

Во всех случаях регистрировалось 5 баллов и больше. Пролабирования плодного пузыря не было у 92 % женщин.

При бактериоскопическом исследовании влагалищного отделяемого у женщин V группы в структуре воспалительных процессов неспецифический кольпит выявлен у 22,8 %, бактериальный вагиноз — у 54,5 %, кандидозный кольпит у 13,6 %, нормоценоз у 9,1 %. Известно, что при бактериальном вагинозе высока вероятность невынашивания беременности, преждевременных родов, хориоамнионита.

По данным литературных источников, частота бактериального вагиноза у беременных составляет до 37 %, а при наличии патологических выделений достигает 87 % [4,10].

Бактериологическое исследование выявило значительную часть женщин с уреоплазмозом — более 10/4 КОЕ/мл в 31,8 % случаев.

Также в микробиоценозе влагалища обследованных женщин (63,6 %) были выделены следующие микроорганизмы: *Streptococcus sp*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, имеющие значительные патогенные свойства, в высоких титрах — более 10/6. Кроме того, *Enterococcus faecalis* имеет высокую мультирезистентность, а его наличие свидетельствует о сильном

дисбиотическом состоянии с преобладанием кишечной флоры. У каждой пятой женщины выявлены ассоциации условно-патогенных микроорганизмов.

Вызывает опасение, что в остальных исследуемых группах, несмотря на выявленные факторы риска ИЦН, в 42,7 % случаев также диагностировались нарушения биоценоза влагалища, особенно в группе женщин с анатомическими изменениями, такими как травматические повреждения шейки матки в родах, конизации шейки матки в анамнезе, где у каждой второй пациентки отмечаются воспалительные изменения в цервикальном канале. Данные нарушения, несомненно, увеличивают риски потери беременности при ИЦН.

Более того, в группе недообследованных женщин с невыявленными причинами ИЦН (около трети пациенток), неспецифический кольпит и бактериальный вагиноз диагностировался во время беременности в 54,4 % наблюдений. При этом обращает внимание отягощенный «инфекционно-воспалительный» анамнез: 45,5 % неоднократно лечили обострения хронического сальпингоофорита/эндометрита, у 15,2 % хламидиоз, у 9,1 % — ВПЧ, у 6,1 % женщин Lues в анамнезе.

Заключение

Истмико-цервикальная недостаточность чаще встречается у повторнобеременных женщин старше 30 лет с отягощенным акушерско-гинекологическим анамнезом.

Воспалительные процессы женских половых органов нередко сопутствуют другим причинам истмико-цервикальной недостаточности, что ухудшает прогноз для пролонгирования беременности.

Выявлено, что наиболее часто встречающимся нарушением микробиоценоза влагалища у женщин с дисбио-

тическими и воспалительными нарушениями как факторами риска ИЦН является уреаплазмоз и бактериальный вагиноз, а также кокковая флора с высокими патогенными свойствами.

Каждая третья пациентка с ИЦН недостаточно обследована, при этом имеет нарушения микробиоценоза влагалища.

Выявление групп риска по ИЦН должно проводиться на этапе прегравидарной подготовки, а такие управляе-

мые факторы риска, как воспалительные и дисбиотические состояния во влагалище, подлежат обязательной коррекции на ранних сроках беременности.

Игнорирование выявления факторов риска у беременных по развитию истмико-цервикальной недостаточности несомненно способствует увеличению случаев самопроизвольных аборт и преждевременных родов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беглов, Д.Е. Истмико-цервикальная недостаточность: распространенность и клиничко-анамнестические особенности / Д.Е. Беглов, Н.В. Артымук, О.Н. Новикова // *Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение.* — 2019. — Т.7. — № 3(25). — С. 21–24.
2. Борщева, А.А. Истмико-цервикальная недостаточность в структуре причин невынашивания беременности / А.А. Борщева, Г.М. Перцева, Н.А. Алексеева // *Медицинский вестник юга России.* — 2020. — Т.11. — №1. — С.34–40.
3. Долгушина, В.Ф. Истмико-цервикальная недостаточность, ассоциированная с цервикто-вагинальными инфекциями: особенности течения беременности и перинатальные исходы / В.Ф. Долгушина, Е.С. Алиханова, И.В. Курносенко, Т.В. Надвикова // *Уральский медицинский журнал.* — 2021. — Т.20. — №1. — С.23–29.
4. Ильина, И.Ю. Бактериальный вагиноз. Возможные пути решения проблемы / И.Ю. Ильина, Ю.Э. Доброхотова // *Русский медицинский журнал.* — 2020. — №11. — С.75–78. 1
5. Мицкевич, Е.А. Ранняя диагностика истмико-цервикальной недостаточности у беременных / Е.А. Мицкевич // *Охрана материнства и детства.* — 2019. — №1 (33). — С. 17–21.
6. Мицкевич, Е.А. Факторы риска самопроизвольного выкидыша и преждевременных родов у пациентов с истмико-цервикальной недостаточностью / Е.А. Мицкевич, Т.С. Дивакова, М.Ф. Разина, Ю.В. Мелешко // *Вестник Витебского государственного медицинского университета.* — 2022. — Т.21. — №5. — С.56–58.
7. Олина, А.А. Преждевременные роды. Вчера, сегодня, завтра / А.А. Олина, Г.К. Садыкова // *Уральский медицинский журнал.* — 2019. — Т. 5, № 173. — С. 49–55. 2
8. Письмо Минздрава России от 28.12.2018 N 15-4/10/2-7991 О направлении клинических рекомендаций «Истмико-цервикальная недостаточность» (вместе с Клиническими рекомендациями (протоколом лечения), утв. Российским обществом акушеров-гинекологов 21.12.2018) 3
9. Скрипниченко, Ю.П. Статистика преждевременных родов / Ю.П. Скрипниченко, И.И. Баранов, З.З. Токова // *Проблемы репродукции.* — 2014. — № 4. — С. 11–14. 4
10. Спиридонова, Н.В. Бактериальный вагиноз и вульвовагинит у беременных при истмико-цервикальной недостаточности. Дифференцированный подход к медикаментозной терапии / Н.В. Спиридонова, М.А. Каганова, О.О. Девятова, А.А. Безрукова // *Доктор.Ру.* — 2022. — Т.21. — № 5. — с.81–86.

© Приступа Евгения Михайловна (empristupa@mail.ru); Баклыгина Елена Андреевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЖЕНСКОГО ОРГАНИЗМА ЖЕНЩИН-ПРОВОДНИКОВ СОВРЕМЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

THE INFLUENCE OF PRODUCTION CONDITIONS ON THE SPECIFIC FUNCTIONS OF THE FEMALE BODY OF FEMALE CONDUCTORS OF MODERN RAILWAY TRANSPORT

**D. Rossolko
N. Rukhlyada
T. Prokhorovich
S. Dzhanibekova
M. Konovalova**

Summary. The article discusses the influence of working conditions on the specific functions of the female body of female conductors of modern railway transport. To analyze the structure of gynecological pathology characteristic of female conductors, the data of the Road Polyclinic for the period 2015–2020 were studied as part of the study. The harmfulness of working conditions of a railway passenger transport conductor on reproductive women's health has been confirmed. It was revealed that with an increase in the length of professional activity, the number of cases of gynecological pathologies and the duration of the period of disability increase.

Keywords: female conductor, occupational factors, gynecological health, reproductive function.

Россолько Дмитрий Сергеевич

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
drossolko@mail.ru

Рухляда Николай Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Прохорович Татьяна Ивановна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Джанибекова Шерифат Салиховна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Коновалова Марина Владиславовна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Аннотация. В статье рассматривается влияние производственных условий на специфические функции женского организма женщин-проводников современного железнодорожного транспорта. Для анализа структуры гинекологической патологии, характерной для женщин-проводников, в рамках исследования изучены данные Дорожной поликлиники за период 2015–2020 гг. Подтверждена вредность условий труда проводника железнодорожного пассажирского транспорта на репродуктивное женское здоровье. Выявлено, что с увеличением стажа профессиональной деятельности увеличиваются количество случаев гинекологических патологий и длительность периода нетрудоспособности.

Ключевые слова: женщина–проводник, профессионально-производственные факторы, гинекологическое здоровье, репродуктивная функция.

В профессии проводника пассажирских вагонов в настоящее время отмечено наличие до 60–80 % женщин. При этом сама профессия характеризуется специфическим набором вредных производственных факторов, способных оказывать негативное влияние на соматическое здоровье проводника, отдельные его системы и функции. К числу таких факторов относятся ряд физических, химических, микробиологических воздействий, специфический режим труда проводника, которые должны учитываться при оценке вредности профессии и разработке возможных мероприятий

по минимизации вредных производственных факторов. В настоящее время актуальным является вопрос сохранения репродуктивного здоровья женщин профессии проводник железнодорожного транспорта.

Для анализа структуры гинекологической патологии, характерной для женщин-проводников, в рамках исследования изучены данные Дорожной поликлиники за период 2015–2020 гг. Были проанализированы результаты профилактических медицинских осмотров, данные обрабатываемости в здравпункты и женскую консультацию,

материалы диспансерного наблюдения; также изучили результаты анкетирования женщин-проводников, проводимого в анализируемый период. В исследовании приняли участие 400 женщин-проводников, разделенных в две группы: основная группа — женщины, работающие проводниками пассажирского транспорта, с выявленной гинекологической патологией (300 человек), и контрольная группа — здоровые женщины, чья работа не связана с железнодорожным транспортом и воздействием там вредных факторов (100 человек).

Согласно результатам выполненного анализа, была обнаружена тенденция увеличения случаев выявления гинекологической патологии за последние 2–3 года. Распределение видов гинекологической патологии, присутствующей у женщин-проводников, представлена на рисунке 1.

Исходя из представленных данных, наиболее часто у женщин-проводников выявлены следующие патологии в области гинекологической сферы: треть от всех присутствующих патологий составляли доброкачественные опухолевые процессы половых органов (30 %); на втором месте по распространенности — воспалительные заболевания гениталий и патология шейки матки (18 % и 17 % соответственно); на третьем — опущение, выпадение женских половых органов и нарушение менструального цикла (частота встречаемости по 12 % в отношении каждой патологии). Такие фоновые состояния, как полипы, эктопии, лейкоплакия, в основной группе были представлены более часто по сравнению с контрольной группой.

Результаты сравнения частоты гинекологической патологии у женщин основной и контрольной группы представлена на рисунке 2.

При сравнении частоты встречаемости различных воспалительных заболеваний у женщин-проводников были отмечены: кольпиты неспецифической этиологии, сальпингиты, сальпингоофориты. При этом из всех воспалительных заболеваний женских половых органов, присутствующих у 154 женщин (21,9 %) из основной группы, наиболее часто были зарегистрированы воспаления влагалища (у 90 женщин, или 12,8 %) и воспаления придатков (у 64 женщин, или 9,1 %). На втором месте по частоте обнаружения находилось заболевание шейки матки (83 женщины, или 11,8 % с данной патологией). Миома матки была выявлена у 81 женщины (11,5 %). У 73 женщин-проводников, или 10,4 %, было зарегистрировано опущение половых органов, нарушения менструального цикла — у 67 женщин-проводников, или в 9,6 % случаев. Гиперпластические процессы эндометрия были зарегистрированы у 53 женщин-проводников (7,5 % случаев), доброкачественные опухоли яичников — у 42 женщин-проводников (6 % случаев патологии). Наименьшая встречаемость гинекологических заболеваний в основной группе была отмечена для следующих заболеваний: эндометриоз (4,2 % — 30 жен.), бесплодие (3,2 % — 23 жен.), первичное (0,8 % — 5 жен.) и вторичное (2,4 % — 18 жен.). Злокачественные опухоли гениталий встречаются в (4,1 % — 29 жен.), из них рак яичников (2,0 % — 14 жен.), рак эндометрия (1,4 % — 10 жен.), рак шейки матки (0,7 % — 5 жен.). При этом необходимо отметить, что частота встречаемости злокачествен-



Рис. 1. Структура гинекологической заболеваемости у женщин проводников за 2015–2020 гг.

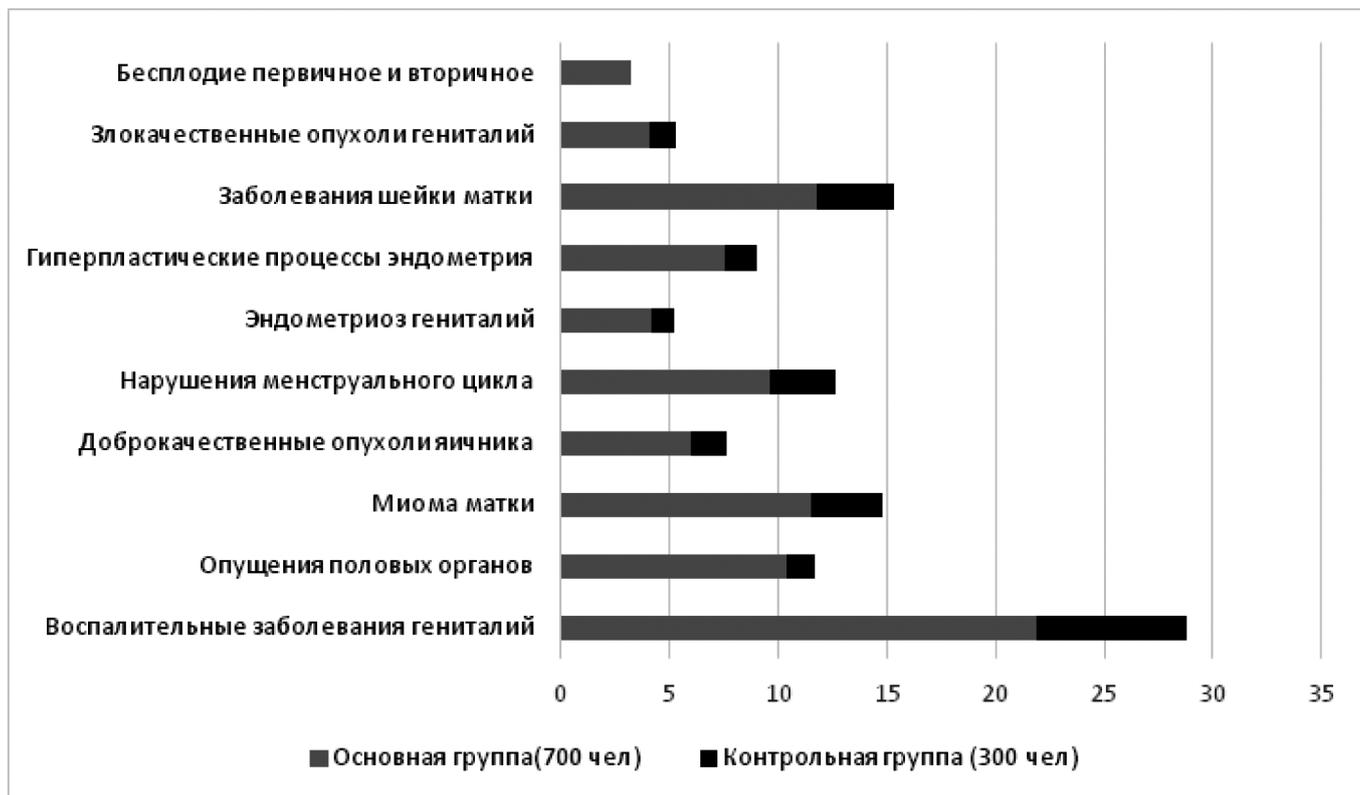


Рис. 2. Частота встречаемости отдельных видов гинекологической патологии в основной и контрольной группах исследования

ных заболеваний в основной группе в 3 раза чаще, чем в группе контроля (12 женщин из контрольной группы, или 4 %, и 1 женщина из группы контроля, или 1 % в контрольной группе).

При анализе регулярности и особенностей менструального цикла было выявлено, что среди женщин основной группы довольно часто встречаются нарушения менструального цикла. Наиболее часто зарегистрированы случаи нерегулярного менструального цикла, альгоменорея, а также дисфункциональные маточные кровотечения. При этом по частоте встречаемости количество случаев нарушения менструального цикла среди женщин основной группы было в 3 раза больше, чем у женщин контрольной группы.

На следующем этапе были проанализированы данные о частоте встречаемости гинекологических заболеваний в зависимости от стажа работы (рисунок 3).

При сравнительном анализе случаев гинекологических патологий у женщин основной группы в зависимости от стажа их работы в должности проводника железнодорожного транспорта было обнаружено увеличение частоты встречаемости гинекологических заболеваний, особенно при стаже работы более 10 лет. Согласно результатам анализа изменения структуры заболеваемости в зависимости от профессионального стажа было

выявлено, что вместе со временем работы на железной дороге у женщин-проводников увеличивается удельный вес встречаемости гинекологической патологии в виде опущения половых органов (с 4,5 % случаев при стаже работы до 1 года до 26,0 % при стаже более 10 лет, всего у 73 женщин основной группы), нарушений менструального цикла (с 8,6 % в случае стажа работы до 1 года до 10,2 % при стаже работы более 10 лет, всего у 67 женщин-проводников основной группы). Также отмечено увеличение случаев доброкачественных опухолей яичников и гиперпластических процессов эндометрия, нарушения функций молочных желез и др.

Согласно результатам исследования, обнаружена статистически достоверная взаимосвязь между стажем профессиональной деятельности и частотой встречаемости гинекологических патологий во всех анализируемых группах ($r=0,86$), при увеличении уровня гинекологических заболеваний в зависимости от профессионального стажа. Так, в основной группе у женщин со стажем работы до 1 года число случаев выявленных гинекологических патологий отмечено в 66,7 % случаев (у 85 женщин), в то время как в контрольной группе аналогичный показатель составил 13,2 % (16 женщин). При наличии профессионального стажа от 1 года до 5 лет количество случаев гинекологических патологий составило в основной группе 75,6 %, в контрольной группе — 24,7 % (у 132 и 43 женщин соответственно). В случае наличия

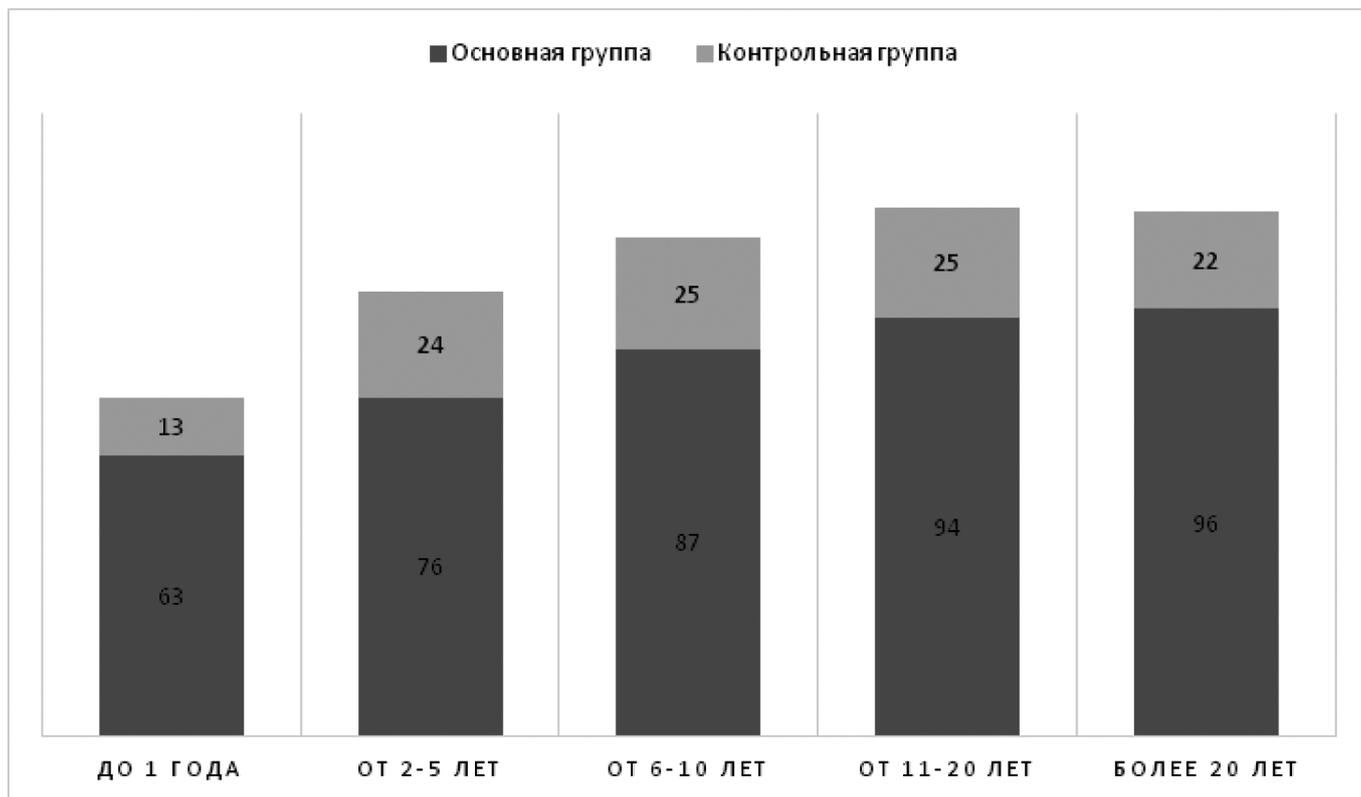


Рис. 3. Частота случаев выявленных гинекологических патологий у женщин основной и контрольной групп в зависимости от стажа их профессиональной деятельности

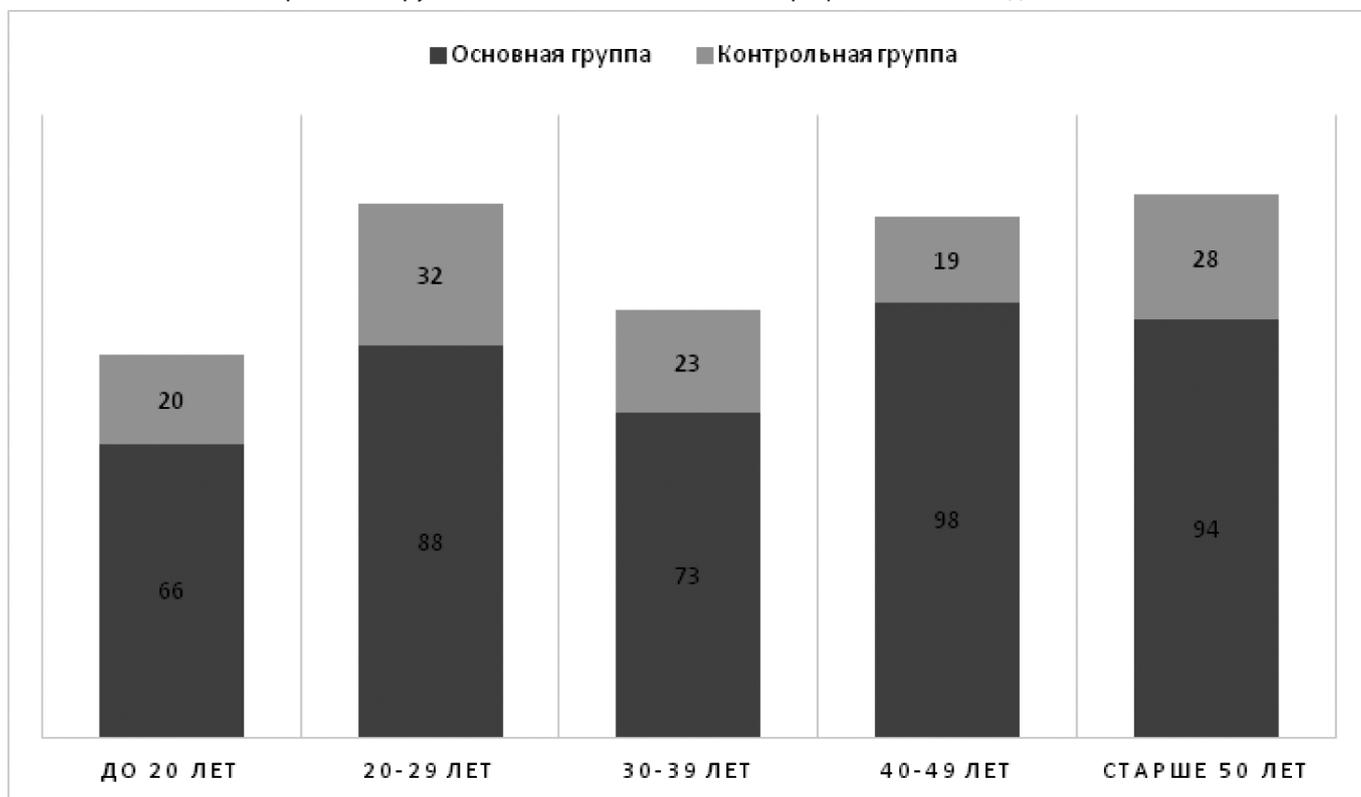


Рис. 4. Количество случаев выявленных гинекологических заболеваний в основной и контрольной группах сравнения в зависимости от возраста женщин

стажа профессиональной деятельности 6–10 лет количество случаев выявленной гинекологической патологии у женщин-проводников составило 86,6 %, у женщин других профессий (контрольная группа) — 24,9 % (115 и 33 женщины соответственно). При профессиональном стаже от 11 до 20 лет гинекологические патологии зарегистрированы в 94,0 % случаев у женщин-проводников и в 25,2 % случаев у женщин контрольной группы (соответственно у 112 и 30 женщин). В случае стажа работы более 20 лет 96,5 % женщин-проводников (70 человек) имели гинекологическую патологию, в отличие от 21,7 % женщин других профессий (15 человек), не связанных с необходимостью пребывания в пассажирских вагонах железнодорожного транспорта.

Также был выполнен сравнительный анализ частоты встречаемости гинекологических заболеваний у женщин основной и контрольной групп исследования в зависимости от их возраста. Результаты исследования представлены на рисунке 4.

При анализе структуры и количества случаев гинекологических патологий было отмечено, что во всех выделенных возрастных группах значительное преобладание гинекологических заболеваний отмечено у женщин из основной группы. В зависимости от возраста женщин-проводников отмечено, что наиболее высокий уровень заболеваемости гинекологического профиля отмечен у женщин в возрасте 40–50 лет: в данной возрастной группе 94 женщины, или 97,7 %, имели гинекологические патологии, в то время как в контрольной группе у женщин 40–50 лет наличие гинекологических патологий отмечено у 68 женщин (69 % случаев). У женщин-проводников в возрасте 30–39 лет количество случаев выявленных гинекологических патологий выявлено у 70 женщин (73,1 %), в то время как в контрольной группе — у 43 женщин (45 %) ($r = 0,80$). Количество дней нетрудоспособности, связанных с гинекологическими заболеваниями, также прогрессивно возрастало с увеличением возраста опрошенных ($r=0,84$).

При анализе структуры и количества случаев гинекологических патологий в зависимости от возраста женщин-проводников было отмечено, что наиболее высокий уровень заболеваемости гинекологического профиля отмечен у женщин в возрасте 40–50 лет: в данной возрастной группе 94 женщины, или 97,7 %, имели гинекологические патологии, в то время как в контрольной группе у женщин 40–50 лет наличие гинекологических патологий отмечено у 68 женщин (69 % случаев). У женщин-проводников в возрасте 30–39 лет количество случаев выявленных гинекологических патологий выявлено у 70 женщин (73,1 %), в то время как в контрольной группе — у 43 женщин (45 %) ($r = 0,80$). Количество дней нетрудоспособности, связанных с гинекологическими заболеваниями, также прогрессивно возрастало с увеличением возраста опрошенных ($r=0,84$).

Минимальное количество случаев гинекологических патологий было отмечено у женщин как основной, так и контрольной группы в возрасте до 20 лет. Так, в основной группе частота выявления гинекологических патологий составила 66 % (у 63 женщин), в контрольной группе — 16 % (у 15 женщин).

При сравнительном анализе показателей гинекологической заболеваемости как в числе выявленных случаев, так и в количестве дней нетрудоспособности, в основной группе было обнаружено увеличение обоих показателей как с возрастом, особенно среди женщин-проводников в возрасте от 40 лет ($r=0,80$), так и при увеличении стажа профессиональной деятельности (в случае сравнения возраста женщин-проводников и числа зарегистрированных случаев гинекологической патологии $r=0,74$, зависимость увеличения случаев гинекологических заболеваний при увеличении стажа работы $r=0,86$).

Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном воздействии профессионально-производственных факторов на состояние здоровья женщин-проводников пассажирского транспорта, в частности, в отношении распространенности гинекологических заболеваний.

Среди ряда публикация отмечено, что на проводников пассажирского транспорта наиболее сильное влияние оказывает такой вредный производственный фактор, как вибрация, а именно — ее наличие и длительность воздействия, которая продолжается все время движения поезда и может продолжаться непрерывно нескольких суток (трехоктавные полосы 1,0 Гц, 1,2 Гц, 1,6 Гц, 2,0 Гц, 2,5 Гц). Другой выделяемый показатель, являющийся вредным производственным фактором для проводников пассажирского транспорта, — инфразвук.

В данном исследовании проведены замеры уровня шума и инфракрасного излучения непосредственно на рабочем месте женщин-проводников пассажирского транспорта. Согласно результатам замера, во всех случаях уровень инфразвука был ниже нормируемых показателей: за 8 часов воздействия 30 гЦ, за 12 часов — 35 гЦ, за 16 часов — 38 гЦ (при максимально допустимом уровне инфразвука 39 Гц). В то же время, отмечен высокий уровень шума, величина которого варьировала в зависимости от времени воздействия. В среднем за 8 часов уровень шума был равен 56 дБ, при 12 часах — 57 дБ, при 16 часах — 58 дБ (максимально допустимый уровень шума — 60 дБ).

Другой показатель, оказывающий воздействие на условия труда, — производственный микроклимат. В случае профессии проводника пассажирского транспорта вредными факторами воздействия выделяют следующие

характеристики производственного микроклимата: значительные перепады температуры, скорости движения воздуха и относительной влажности при выполнении профессиональных обязанностей на различных зонах выполнения профессиональной деятельности. При этом значительное воздействие в формировании микроклимата, воздействующего на проводника при выполнении им своей профессиональной деятельности, оказывает температура ограждающих поверхностей, которая в зависимости от времени года, а также в зависимости от наличия и работы системы кондиционирования, от типа вагонов может различаться до 10°C.

Следующий анализируемый показатель, который учитывался в нашем исследовании при анализе вредного воздействия производственной среды, оказывающей воздействие на проводника пассажирского транспорта, — загазованность воздуха рабочей среды. Согласно полученным результатам обследования, средние концентрации всех анализируемых газов, содержащихся в воздухе служебных купе женщин-проводников, оказались значительно ниже предельно допустимых концентраций (ПДК): концентрация оксида углерода в зависимости от вида вагона находилась в диапазоне от 0,66 мг/м³ до 1,48 мг/м³ (при ПДК оксида углерода 5,0 мг/м³), концентрация диоксида азота — от 0,025 мг/м³ до 0,034 мг/м³ (при ПДК диоксида азота 0,085 мг/м³), концентрация диоксида серы — от 0,16 мг/м³ до 0,31 мг/м³ (при ПДК диоксида серы 0,5 мг/м³). Дополнительно оценили уровень запыленности рабочего места проводника, которая зависела от следующих факторов: тип вагона и тип его отопления (путем использования угольных брикетов или электроотопление). Результаты запыленности оказались в диапазоне 0,29–0,44 мг/м³ при установленном ПДК запыленности рабочего места в 0,5 мг/м³.

Еще один профессионально-производственный фактор рабочей среды проводника, анализированный в нашем исследовании, — бактериальная обсемененность воздуха. Величина данного показателя зависит от следующих факторов: количество пассажиров, активность их передвижений по вагону, а также качество уборки помещений вагона. Согласно результатам исследования, после влажной уборки вагона уже через час после освобождения его пассажирами показатели бактериальной обсемененности снижались в 3–4 раза. При этом уровень бактериальной обсемененности напрямую зависел от концентрации пыли в вагоне: наибольшее количество пыли и бактериальной обсемененности отмечены в спальнях некупированных и межобластных вагонов (плацкарт), наименьшее — в купированных вагонах.

Дополнительно проанализировали зависимость уровня бактериального загрязнения вагонов от наличия в вагоне системы кондиционирования воздуха. Согласно полученным данным, в вагонах с установленной

системой кондиционирования при подсчете числа бактерий было обнаружено на 1м³ помещения вагона около 3500±400 единиц микроорганизмов, при этом на 1м³ гемолитических стрептококков не более 30 единиц, гемолитических стафилококков — не более 45 единиц. При аналогичных замерах в вагонах, не оснащенных системой кондиционирования воздуха, результаты всех перечисленных измерений (общее число микроорганизмов, в т.ч. из них гемолитических стрептококков и гемолитических стафилококков) показали превышение предельно допустимых величин.

В качестве вредного производственного фактора также учитывали уровень освещения в купе женщин-проводников. Согласно результатам исследования, средний уровень освещенности, вне зависимости от типа вагона, находился в пределах 122–128 лк (при нормируемом показателе освещенности не ниже 150 лк). В тамбуре средний уровень освещенности также находился ниже уровня нормы и не зависел от типа вагона и составил от 34 до 47 лк (норма освещенности для лампы накаливания — 50 лк).

Согласно данным исследования в отношении физической нагрузки проводников пассажирского транспорта, было обнаружено, что более высокий уровень физической нагрузки отмечался у проводников спальных некупированных вагонов и проводников межобластных некупированных вагонов. При этом наиболее выраженными факторами, не соответствующими установленным нормативам, являлись продолжительность смены проводника и сменность работы.

Результаты оценки степени воздействия вредных профессионально-производственных факторов на гинекологическое здоровье женщин-проводников в целом и на развитие отдельных гинекологических патологий, оказывающих негативное действие на их репродуктивное здоровье в процессе выполнения ими своей профессиональной деятельности представлены на рисунке 5.

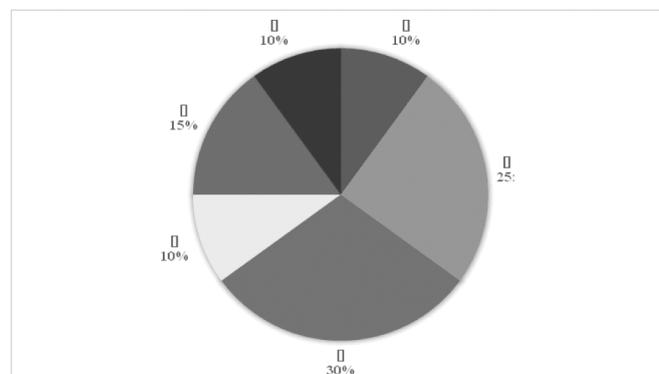


Рис. 5. Степень влияния вредных профессионально-производственных факторов на гинекологическое здоровье женщин-проводников

Согласно полученным результатам, условия труда женщин-проводников целесообразно отнести в группу вредных условий труда третьего класса второй степени. При этом наиболее выраженными вредными производственными факторами оказались микроклимат (30 %), вибрация (25 %), а также тяжесть труда (15 %), освещенность, шум и сменность работы (по 10 %).

Результаты выполненного исследования подтвердили вредность условий труда проводника железнодорожного пассажирского транспорта на репродуктивное женское здоровье. Выявлено, что с увеличением стажа профессиональной деятельности увеличиваются количество случаев гинекологических патологий и длительность периода нетрудоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дармограй Н.В., Шереметьева Е.В., Горская И.Н. Влияние производственных условий на специфические функции женского организма // Общественное здоровье и здравоохранение. Сб. научн. раб. СПбГМА им. Мечникова. СПб: СПбГМА им. И.И. Мечникова, 2002. С.183–185.
2. Делекторский Н.В., Копировский К.М., Кузина Л.Г. Разработка и внедрение в практику санитарных правил, направленных на улучшение условий труда работников железнодорожного транспорта // Гигиена и санитария. 2000. № 2. С. 53–54.
3. Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб.: СПбГМА им. И.И. Мечникова. 2000. 342 с.
4. Потапова С.С., Романова И.В. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности работников железнодорожного транспорта // Актуальные проблемы здравоохранения на железнодорожном транспорте: Материалы науч.-практ. конф. (г. Муром). М., 1999. С. 89–92.
5. Costantini A., Innocenti A., Ciapini C., Silvestri S., Merler E. Mortality in employees of a railway rolling stock factory]. UO Epidemiologia-CSPO, Azienda Ospedaliera Careggi, Firenze. Med. Lav 2000. No. 91 (1). Pp. 32–45.

© Россолько Дмитрий Сергеевич (drossolko@mail.ru); Рухляда Николай Николаевич; Прохорович Татьяна Ивановна; Джанибекова Шерифат Салиховна; Коновалова Марина Владиславовна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕКРЕСТНОЙ ОККЛЮЗИЕЙ

FEATURES OF TREATMENT OF PATIENTS WITH CROSS OCCLUSION

A. Sevastyanov
M. Rozhkova
S. Pavlova
N. Vasilyeva
S. Fischev
A. Shtorina
M. Puzdyreva
A. Kondratyuk

Summary. For many years, there have been disputes concerning the methods of diagnosis and treatment of cross-occlusion, as well as ways to achieve stable retention of the achieved treatment results. According to experts, the difficulty at the stage of diagnosis and orthodontic treatment of patients with transversal anomalies of the dental arches is associated with insufficient information about the topographic features of the location of the antimers in the dental arch, the features of the apical bases of the jaws, the occlusal plane and the Spee curve.

Keywords: orthodontics, orthopedics, malocclusion, cross occlusion.

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Васильева Нелли Александровна

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ.
vas.nell@yandex.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ.
super.kant@yandex.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
nastiya78@mail.ru

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ.
seven-spb@yandex.ru

Кондратюк Андрей Александрович

К.м.н., ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Аннотация. На протяжении многих лет идут споры, касающиеся методов диагностики и лечения перекрестной окклюзии, а также — пути достижения стабильной ретенции достигнутых результатов лечения.

По мнению специалистов, трудность на этапе диагностики и ортодонтического лечения пациентов с трансверзальными аномалиями зубных дуг связана с недостаточностью сведений о топографических особенностях расположения антимеров в зубной дуге, особенностями апикальных базисов челюстей, окклюзионной плоскости и кривой Spee.

Ключевые слова: ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, перекрестная окклюзия.

Перекрёстная окклюзия не отличается высокой распространённостью, однако характеризуется многообразием клинических вариантов. Данная аномалия занимает лидирующее положение по терминологии и определению клинических форм. К наиболее распространённым терминам, встречающимся в литературных источниках, относят «косой прикус», буккальная, лингвальная, буколингвальная окклюзия с разделением на одно-, либо двусторонние аномалии. Кроме того, выделяют латерогению, латерогнатию, латеродевиацию, латероверсию и т.д. [1, 2, 4, 5].

Для изучения трансверсальных и сагиттальных линейных размеров зубных дуг используют методы (Pont, Linder и Harth; Korkhaus) [3, 6,]. Наиболее распространённые индексные величины при оценке указанных методов (Pont и Linder-Harth) [7, 8].

В литературе нет сведений, при каких вариантах формы зубных дуг эти методы можно использовать в ортодонтии и ортопедии, так как при изучении возникают не однозначные интерпретации результатов исследования [9, 10, 11, 12].

Таким образом, настоящее исследование является актуальным, а все изложенное выше предопределило цель работы.

Цель исследования

Повышение эффективности диагностики и ортодонтического лечения пациентов с перекрёстной окклюзией с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 47 пациентов подросткового возраста и первого периода зрелого возраста от 12 до 35 лет, которые имели перекрёстную окклюзию.

В настоящем исследовании были применены традиционные методы исследования, предложенные в рекомендациях по осуществлению лечебных и диагностических мероприятий у пациентов с окклюзионными аномалиями, а также — при оценке формы и размеров зубных дуг с окклюзионной физиологической нормой.

При анализе челюстно-лицевой области проводили морфометрические, фотостатические и рентгенологические методы исследования кранио-фациального комплекса.

На лице определяли расположение анатомических структур относительно общепринятых в ортодонтии условных плоскостей и/или линий. Из рентгенологических методов использовали прямые и боковые рентгенограммы, конусно-лучевую компьютерную томографию, рентгенограмму височно-нижнечелюстного сустава, в соответствии с протоколом лечения пациентов с аномалиями окклюзии в трансверсальном направлении.

Результаты исследования

Учитывая наличие у пациентов с перекрёстной окклюзией отклонений в расположении зубов в сагиттальном, трансверсальном и вертикальном направлениях, использовались методы лечения несъемной аппаратурой, как правило, техникой эджуайс.

Для нормализации положения зубов в вертикальном направлении в качестве опоры применяли дентальные винты или микроимплантаты (рис. 1).

Нередко, для устранения асимметрии в трансверсальном направлении использовались окклюзионные накладки, позволяющие разобщить прикус и выполняющие роль функционально-направляющей аппаратуры (рис. 2)

Кроме окклюзионных накладок в боковом отделе при необходимости для устранения сочетанной патологии в трансверсальном и вертикальном направлении,

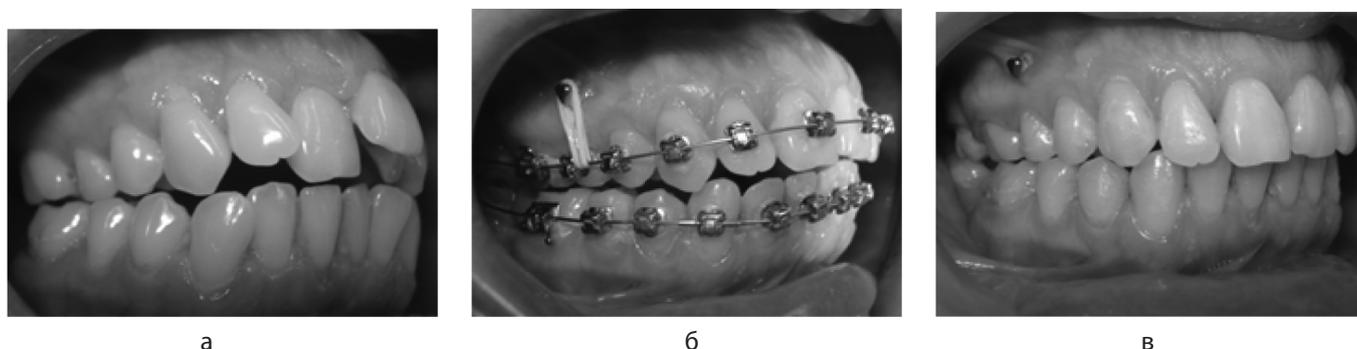


Рис.1. Особенности окклюзионных взаимоотношений до лечения (а), на этапе лечения зубо-альвеолярной асимметрии зубных дуг в вертикальном направлении с использованием мини винтов (б) и окклюзия после лечения (в)



а б в
Рис. 2. Особенности окклюзионных взаимоотношений до лечения (а), на этапе лечения зубо-альвеолярной асимметрии зубных дуг в трансверсальном направлении с использованием окклюзионных накладок (б) и окклюзия после лечения (в)



а б в
Рис. 3. Особенности окклюзионных взаимоотношений до лечения (а), на этапе лечения с использованием межзубной окклюзионной каппы в переднем отделе (б) и окклюзия после лечения (в)



Рис. 4. Особенности окклюзионных взаимоотношений пациента Ш.А. до ортодонтического лечения

использовались межзубные окклюзионные каппы в переднем отделе, позволяющие установить межрезцовые линии вблизи срединной вертикали лица или линии эстетического центра (рис. 3).

Эффективность лечения пациентов с перекрестной окклюзией представлена на клиническом примере пациента Ш.А., 14 лет (история болезни № 368, от «15» 04 2016 года). Жалобы были на неправильно расположенные зубы (рис. 4).

При осмотре полости рта отмечалось смещение вертикальных межрезцовых линий в сторону на ширину, более половины медиально-дистального диаметра нижнего резца и вестибулярное положение клыков верхней челюсти.

Зубные дуги обеих челюстей были асимметричными (рис. 5).

Определялось не симметричное расположение антимеров, дефицит места для премоляров, скученность передних зубов.

При оценке лицевых признаков, как при визуальном осмотре, так и при анализе рентгенограмм головы в различных проекциях, отмечены особенности, характерные для перекрестной окклюзии (рис. 6).

Межрезцовые вертикальные линии были смещены в различные стороны от вертикальной линии эстетического центра лица и определялось отклонение расположения зубов по вертикали от окклюзионной плоскости.

На ортопантограмме отмечалось несоответствие расположения антагонистов и антимеров относительно физиологической окклюзионной нормы (рис. 7).

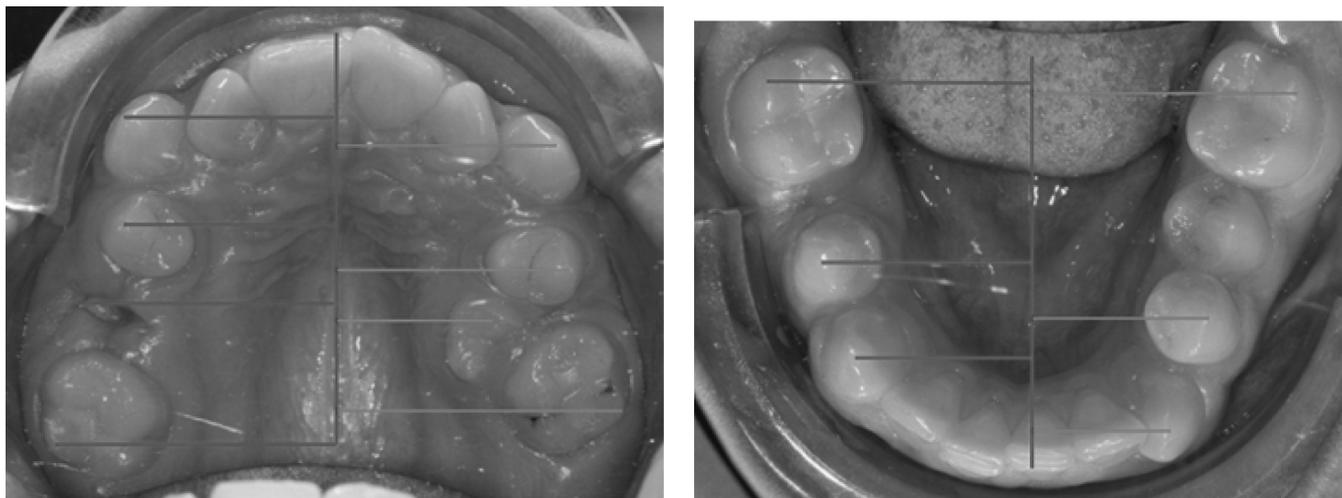


Рис. 5. Асимметричное расположение антимеров пациента Ш.А. до ортодонтического лечения

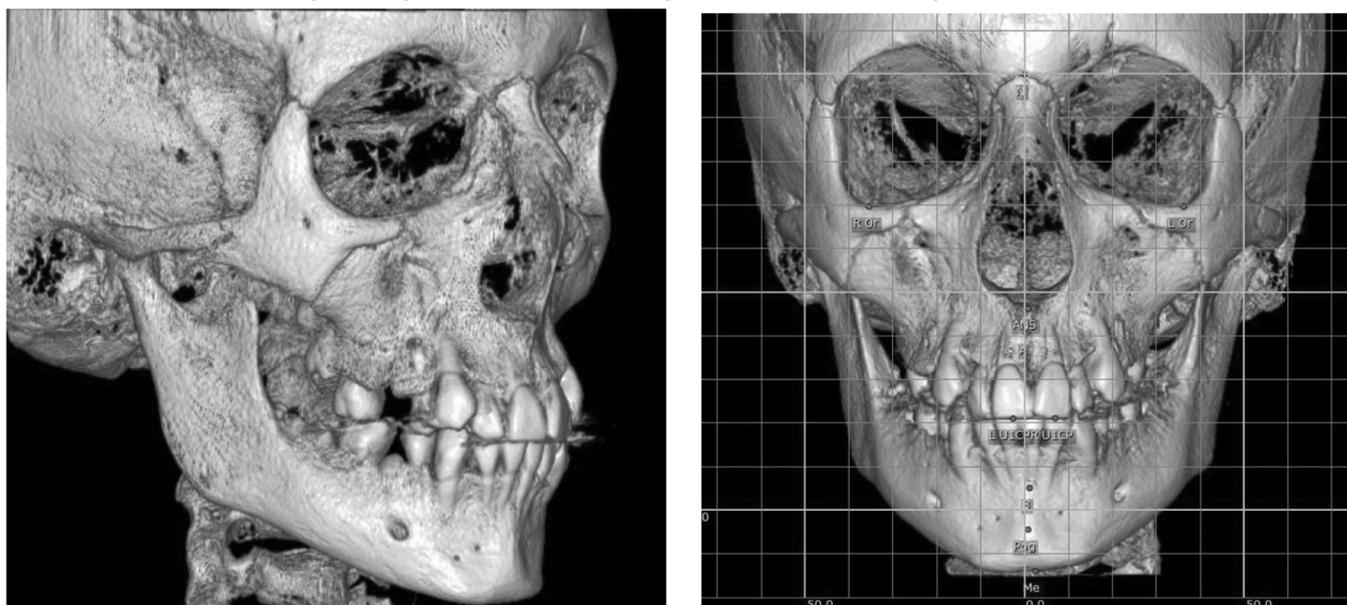


Рис. 6. Нарушение окклюзионных взаимоотношений и смещение медиальных резцов от линии эстетического центра пациента Ш.А. до ортодонтического лечения на КЛКТ



Рис. 7. Ортопантомограмма пациента Ш.А. до ортодонтического лечения

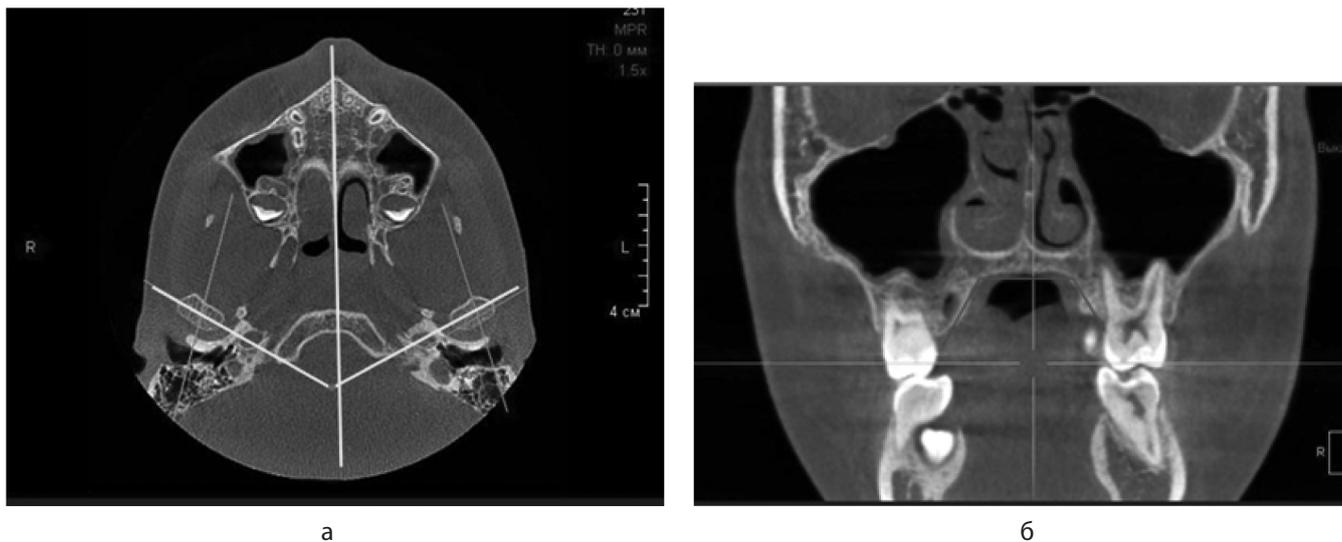


Рис. 8. Асимметричное расположение суставных головок (а) и альвеолярных отростков свода нёба (б) пациента Ш.А. до ортодонтического лечения



Рис. 9. Особенности расположение суставных головок справа (а) и слева (в) с учетом межрезцового угла у пациента Ш.А. до ортодонтического лечения

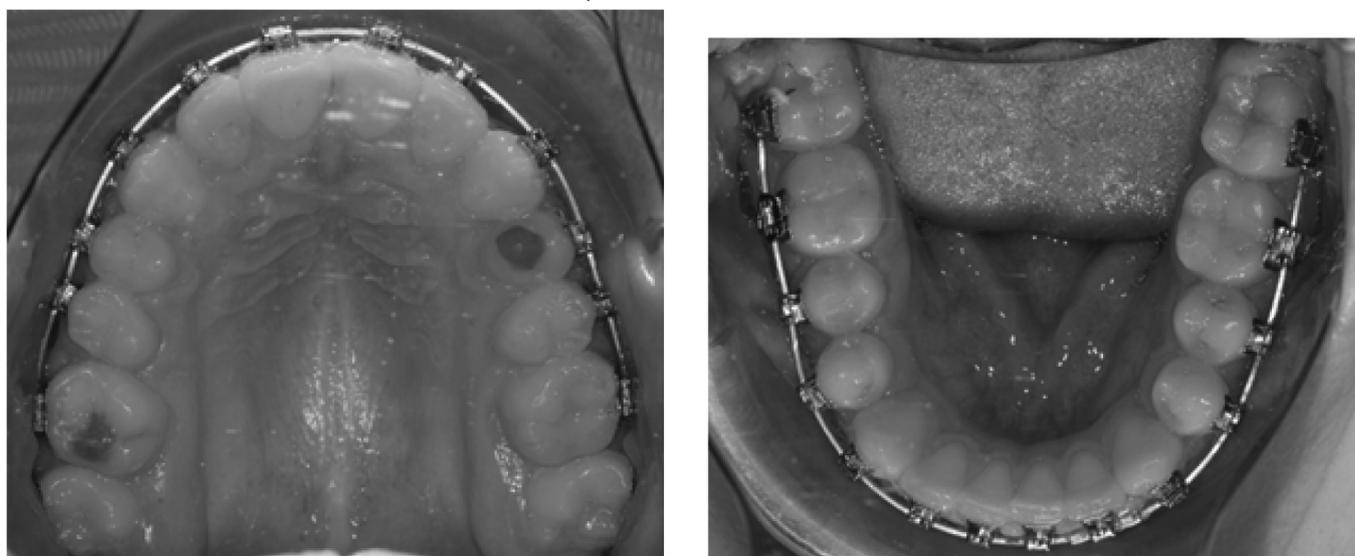


Рис. 10. Нормализация формы зубных дуг пациента Ш.А. после ортодонтического лечения

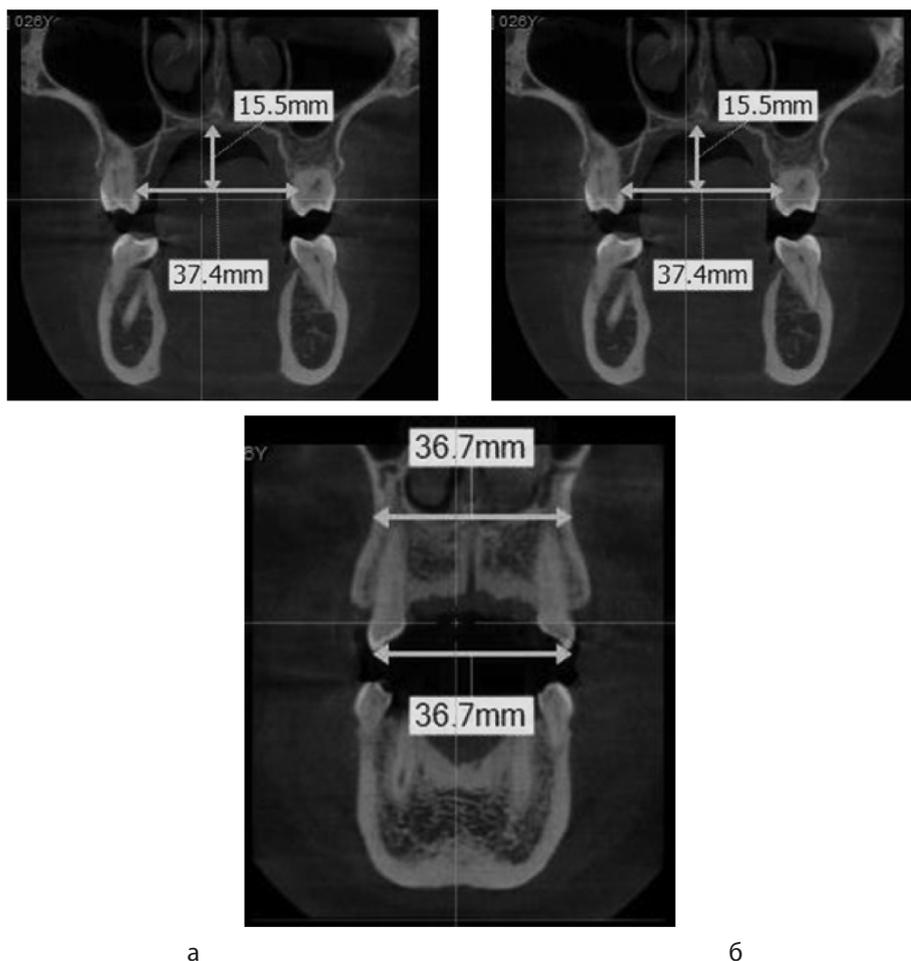


Рис. 11. Нормализация формы и размеров нёбного свода (а) и апикального базиса (б) пациента Ш.А. после ортодонтического лечения

Дефицит места в области премоляров не позволял их своевременному прорезыванию.

Фрагменты конусно-лучевых компьютерных томограмм, полученных в различных проекциях, отражали клинические признаки перекрестной окклюзии (рис. 8).

Вершина угла, образованного линиями, соединяющими полюса суставных головок, была смещена в сторону от срединной сагитталы головы. Углы небного свода в трансверсальной плоскости отражали не равномерный наклон жевательных зубов, и не соответствовали физиологической окклюзионной норме.

Расположение резцов и соотношение костных структур височно-нижнечелюстного сустава соответствовало мезотрузионному типу зубных дуг без выраженных патологических изменений, что было характерно для зубоальвеолярной формы патологии (рис. 9).

Суставные головки занимали относительно равномерное положение с обеих сторон, а верхние резцы перекрывали нижние на 1/3 высоты коронки.

Лечение пациента проводилось несъёмной дуговой аппаратурой с использованием окклюзионных накладок, обеспечивающих относительно правильное межчелюстное взаимоотношение (рис. 10).

Смена дуг и активных элементов осуществлялась в соответствии с протоколом лечения пациентов техникой-эджуайс.

После лечения определялась нормализация формы и размеров апикального и окклюзионного базисов обеих челюстей (рис. 11).

Ширина и высота нёбного свода, а также размеры апикального и окклюзионного базисов, соответствовали признакам физиологической нормы, характерных для мезотрузионного типа зубных дуг.

Таким образом, использование современных методов диагностики и лечения перекрестной окклюзии у пациентов с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области, способствовало нормализации окклюзионных взаимоотношений и костных структур кранио-фациального комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверзальном направлении. / М.А. Агашина, С.Б. Фищев, С.В. Дмитриенко, А.В. Лепилин, Д.Н. Балахничев // *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2017. — Т. XVI — № 1(60). С. 36–39.
2. Васильева Н.А. Оценка методов исследования нормодонтных зубных дуг мезогнатического типа / Н.А. Васильева, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 170–174.
3. Кондратюк А.А. Особенности размеров зубов у людей с нормодонтным брахигнатическим типом зубных дуг. / А.А. Кондратюк, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 228–232.
4. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
5. Dmitrienko T.D., Domenyuk D.A., Porfyriadis M.P., Arutyunova A.G., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Connection between clinical and radiological torque of medial incisors at physiological occlusion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 29–37.
6. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv EuroMedica*. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
7. Fomin I.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Arutyunova A.S. Effect of jaw growth on dentofacial angle in analyzing lateral telerradiographic images // *Archiv EuroMedica*. 2019. vol. 9, num. 2. P. 136–137.
8. Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
9. Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V.8. — № 1. — P. 37–38.
10. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
11. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // *Sci. Rep.* — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
12. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // *J. Dent. Res.* — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru);
 Павлова Светлана Георгиевна (svetap_75@mail.ru); Васильева Нелли Александровна (vas.nell@yandex.ru);
 Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru);
 Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Кондратюк Андрей Александрович (kondratyuk.andrey@icloud.com)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Aliyeva A. — Moscow State Medical University named after A.I. Evdokimov

Baklygina E. — Assistant, Ryazan State Medical University

Bannikov A. — Associate Professor, Bryansk State Technical University

Bautov A. — candidate of technical sciences, Head of Department at TsNIIMash JSC

Belkovets A. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory of Gastroenterology, Research Institute of Internal and Preventive Medicine — Branch of the IC&G SB RAS; Prof. Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Novosibirsk State Medical University

Biryulin V. — Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Russia, Kursk

Bugaeva I. — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saratov State Medical University, named after V.I. Razumovsky

Chasovskaya V. — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, St. Petersburg Forestry Engineering University named after S.M. Kirov

Cherdantseva E. — Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Cheremisin A. — Cand.geogr. sciences, associate professor, FGBOU VO «Polar State university N.M. Fedorovsky», Norilsk

Cherenkova I. — Senior Lecturer, Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Cherepanov N. — The Cand. Tech. Sci. leading, the engineer of joint-stock company «Lavochkin Association»

Chertkoeva M. — Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, North Ossetian State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia

Chudinova O. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)

Doroshenko I. — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Dzhanibekova S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Our authors

Dzyubuk I. — Candidate of biological sciences, associate professor, Petrozavodsk State University

Egorkin A. — PhD student, Russian State Social University (RSSU)

Fischev S. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Gasarova A. — Physician-therapist District State Budgetary Institution of Healthcare «Kantyshev district hospital»

Ghazaryan A. — Graduate student, A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center

Golembiovskaya O. — Candidate of technical sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University

Grebenko D. — Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Grigoryan N. — Obstetrician-gynecologist, gynecological department of GBUZ KKB 2, Krasnodar

Gromov A. — Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Clinical Biochemical and Hormonal Studies of Therapeutic Diseases, Head of the Center for Thrombosis Prevention, Research Institute of Internal and Preventive Medicine - Branch of IC&G SB RAS

Gulgenov S. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)

Ismayilova G. — PhD, Head of Laboratory of the Institute of Petrochemical Processes named after A.I. Yu. Mammadaliyeva of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku c.

Karov Ya. — Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI

Kasymov A. — Postgraduate student, Voronezh State Technical University

Kerimov K. — North Ossetian Medical Academy of the Ministry of Health of Russia

Kiseleva E. — Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Klyukina E. — Candidate of technical sciences, associate professor, Petrozavodsk State University

Kobzisty S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Komarov M. — Candidate of Medical Sciences, National Medical Research Center of Oncology. N.N. Blokhin, Moscow

Komarov P. — Ph.D. student, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

Kondrashova E. — Bryansk State Technical University

Kondratyuk A. — PhD, Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Konovalova M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

Kruchinina M. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Laboratory of Gastroenterology, Leading Researcher of the Laboratory of Gastroenterology, Research Institute of Internal and Preventive Medicine — Branch of the IC&G SB RAS; Prof. Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Novosibirsk State

Kudelina D. — Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University, Russia, Kursk

Kulshan T. — Cand. Sci. (Med.), Associate professor, Saratov State Medical University, named after V.I. Razumovsky

Kurovsky S. — Head, Research Department LLC «Higher School of Education»

Kutlikova I. — Senior Lecturer, Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Kuznetsova E. — Postgraduate student, Bryansk State Technical University

Ladyko D. — Oncologist, resident, National Medical Research Center of Oncology. N.N. Blokhin, Moscow

Laptov D. — Chelyabinsk State University, Kazan

Lubentsov A. — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Mahmudova S. — PhD, lecturer at the Ganja State University, Republic of Azerbaijan, Ganja c.

Mamedova M. — Lecturer, Sumgayit State University, Republic of Azerbaijan, Baku c.

Mashina E. — Lecturer, ITMO National Research University (St. Petersburg)

Maximov Yu. — PhD student, Voronezh State Technical University

Mishin D. — Head, Editorial and Publishing Department LLC «Higher School of Education»

Munaeva M. — Ingush State University

Muradov P. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of ANAS, General Director of the Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

Nikiforov M. — Bauman Moscow State Technical University

Novikov M. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Orlovskaya E. — Assistant, St. Petersburg Forestry Engineering University named after S.M. Kirov

Otbetkina T. — Head of Data Academy Center, NUST MISIS (Moscow)

Parulikova M. — Senior Lecturer, Department of Education of the Research Institute of Internal and Preventive Medicine — branch of the IC&G SB RAS, gastroenterologist, Novosibirsk, Russia

Pavlova S. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Perekopskaya V. — Postgraduate student, Omsk State Medical University; Cardiologist, Regional Clinical Hospital, Omsk

Petrushin A. — Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia

Petukhova G. — Professor, Doctor of Biological Sciences, Tyumen State University

Popov V. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Pristupa E. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Ryazan State Medical University

Prokhorovich T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Puzdyreva M. — PhD, Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rossolko D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rozhkova M. — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rukhlyada N. — Doctor of medical sciences, professor, State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rytov M. — Candidate of technical sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University

Sabitov A. — Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Sadriev S. — Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI

Sakash I. — Candidate of Science, assistant professor, Krasnoyarsk State Agrarian University

Saltanova T. — Associate Professor, Tyumen State University

Semenyuk V. — Postgraduate student, M.I. Platov South Russian State University (NPI) Novocheerkassk

Sevastyanov A. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shepeleva O. — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, A.S. Pushkin Leningrad State University (Saint Petersburg)

Shtorina A. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shulga M. — graduate student, Institute of Engineering Physics

Skladchikov M. — Postgraduate student, Donetsk National Technical University

Terskov V. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

Usmanova M. — Astrakhan State Medical University

Usoltseva A. — Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Valishin N. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI

Vasilyeva N. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Vazhov S. — Cand. biol. sciences, associate professor, Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Vazhov V. — Doctor of agricultural sciences, professor, Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy, Biysk

Vidmanova A. — NUST MISIS (Moscow)

Volkov A. — Candidate of Technical Sciences, NUST MISIS (Moscow)

Voropaeva E. — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, A.S. Pushkin Leningrad State University (Saint Petersburg)

Yakovlev A. — Assistant, St. Petersburg Forestry Engineering University named after S.M. Kirov

Yangirova L. — Postgraduate student, Tyumen State University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).